



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 석사학위논문

저상버스의 경제적 편익 추정

- 서울을 사례로 -

Economic Benefits Estimation of Low-Floor Buses in Seoul

2017년 2월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과

김 영 돈

국문초록

저상버스는 휠체어 장애인의 이동권을 보장하고자 도입된 버스이다. 일반버스는 버스를 타고 내릴 때 계단이 있어 휠체어 장애인이 타지 못 했지만 저상버스는 계단이 없어 휠체어 장애인들이 버스를 이용할 수 있게 되었다. 하지만 저상버스를 구입하기 위해서 일반버스보다 높은 비용을 지불해야 한다. 높은 비용에도 불구하고 지자체가 저상버스를 구입하는 이유는 휠체어 장애인의 이동권 보장이 주요한 이유이다. 그렇지만 비장애인들도 저상버스 도입으로 새로운 편익이 발생한다. 본 논문은 저상버스의 도입으로 발생하는 편익들을 살펴보고, 서울시내버스를 대상으로 편익을 추정하였다.

편익추정을 위한 분석기간은 법적으로 버스의 최대 사용 가능 연한인 11년으로 하였다. 분석기간 동안 고령자의 인구가 점차 증가함에 따라 버스 내 고령승객의 비율이 점차 증가한다는 점을 가정하였다. 국내외 선행연구 고찰을 통해 저상버스 도입으로 편리한 점, 저상버스 가치, 일반버스와 저상버스의 차이 등에 대한 연구는 있었지만 저상버스 도입에 대한 세부적인 편익 연구는 부족하였다.

편익은 총 7가지이며, 3가지 양 편익 중 2가지는 승하차시간 절감에 따른 버스 재차인원의 통행시간 절감 편익, 운전기사의 운행시간 절감 편익이다. 나머지 한 가지 편익은 편의성 향상 편익으로 이 편익은 저상버스를 타면서 얻는 편리함과 편안함이 포함된다. 나머지 4가지 편익은 부 편익으로 저상버스가 일반버스에 비해 복잡한 구조로 인한 정비비용 및 타이어비용, 낮은 연비로 인한 연료비용, 대기오염비용을 고려한다.

편익을 추정하기 위해 버스승객 유형을 4가지로 구분하였다. 65세

미만이면서 장애가 없는 경우, 65세 미만이면서 장애가 있는 경우, 65세 이상이면서 장애가 없는 경우, 65세 이상이면서 장애가 있는 경우로 나누어 분석하였다. 승객유형을 구분하기 위해 인구총조사 자료를 이용하여 버스승객 유형을 구별하였다.

자료는 2013년 5월 22일 서울시내버스 교통카드 자료를 이용하였다. 분석노선은 간선노선, 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선, 기타 지선노선으로 유형을 분류하고, 각 노선 유형별로 4개의 노선을 선정하여 분석하였다. 분석대상 노선을 중심으로 승차시간, 승차정류장, 하차시간, 하차정류장 등의 정보를 분석하였다. 교통카드 자료 분석을 통해 버스승객들의 승하차 패턴, 재차인원 분포 등을 분석했다. 이 분석을 통해서 각 정류장별로 일반버스 대비 저상버스 이용할 때 절감된 승하차시간을 분석하였다. 절감된 승하차시간을 통하여 재차인원의 통행시간 절감편익과 운전기사의 통행시간 절감편익을 계산한다.

편의성향상 편익은 각 버스승객 유형별로 분석된 저상버스 가치를 이용한다. 승객유형별 저상버스가치는 ‘불편함’이라는 지표를 이용한다. ‘불편함’ 지표는 각 버스승객 유형별로 버스를 탈 때 불편한 정도를 나타낸 지표이다. 각 버스승객 유형별 ‘불편함’ 지표와 기존문헌에 분석된 저상버스의 가치를 이용하여 본 논문에서 분류한 버스승객 유형별 저상버스의 가치를 계산한다.

교통카드 자료의 분석할 때 발생하는 오류로 인한 한계 때문에 서울특별시의 모든 버스노선에 대해 저상버스 도입에 대한 편익을 계산하는 것은 어려웠다. 대신 회귀분석을 통해 서울시내버스의 저상버스 도입에 대한 편익을 추정할 수 있었다. 편익항목과 관련된 대-km당 승차인원, 대당 하루운행거리, 평균탑승거리 지표를 이용하여 회귀분석 하였다. 설명변수는 대-km당 승차인원으로 하고, 독립변수를 대당 하루운행거리, 평균탑승거리 지표로 설정하였

다.

저상버스 도입에 대한 각 노선별 편익을 도출한 결과 각 노선별로 상이하다는 것을 알 수 있다. 가장 편익이 높은 노선은 5511번이었고, 가장 편익이 낮은 노선은 150번으로 분석이 되었다. 노선별 결과를 분석했을 때 노선이 길면 버스승객들을 많이 탑승하는 경향이 있지만 운행거리가 길어짐에 따라 운영비용이 많이 소요되었다. 각 편익항목별로 분석을 해보면 3가지 양 편익 중에서 편의성 향상 편익이 많은 부분을 차지하고 있으며, 재차인원의 통행시간 절감 편익과 운전기사의 운행시간 편익 비용은 편의성 향상 편익에 비해 적게 분석되었다.

회귀분석 결과, 대당 하루운행거리가 전반적으로 대-km당 승차인원 지표에 부정적인 것으로 분석 되었다. 대당 하루운행거리는 운영비용과 관련된 지표이기 때문에 편익과는 반대되는 결과가 나온 것으로 예상된다. 평균탑승거리의 몇몇 노선유형의 계수가 음으로 결과가 도출되었다. 노선 유형별로 회귀분석결과를 살펴보면 기점과 회차지점이 동일한 지선노선이 저상버스 도입할 때 다른 노선유형보다 더 큰 편익을 가져다 줄 것이라 예상된다. 하지만 대체적으로 노선이 긴 간선노선은 저상버스 도입에 따른 편익이 상대적으로 적을 것이라 예상된다.

결과적으로 저상버스 도입은 노선이 짧고, 효율적으로 운영이 되고 있는 노선일수록 그 편익이 높았다. 하지만 저상버스 도입은 장애인의 사회적 활동의 증대하는데 도움을 주고 있다. 이에 대한 잠재적 편익에 대한 연구가 더 필요하다. 또한 다른 날들의 교통카드 자료 분석, 실제 현장조사를 통한 버스승객 유형별 저상버스 가치 조사 등을 통해 저상버스 도입의 경제적 가치를 면밀하게 분석이 가능해 질 것이다.

주요어 : 저상버스, 경제적 편익, 저상버스 가치, 교통카드 자료, 교통
약자

학 번 : 2014-24086

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위	3
1) 공간적 범위	3
2) 시간적 범위	6
3. 연구의 수행절차	7
II. 저상버스의 현황 및 선행연구의 고찰	10
1. 서울시 저상버스 현황	10
1) 차량 구조 및 특징	10
2) 보조금관련 현황	17
2. 선행연구의 고찰	19
1) 교통약자	19
2) 저상버스 및 유니버설 디자인	21
3) 시사점 및 연구의 기여도	28
III. 연구방법론의 정립	30
1. 편익 추정의 방법	30
1) 편익항목의 설정	30
2) 편익항목별 산정 방법	31
2. 편익 추정을 위한 대중교통 지표를 통한 회귀분석	50
1) 개요 및 목적	50
2) 지표별 특성	50
3) 회귀분석 이론	52

IV. 자료의 구축	53
1. 불편함 지표	53
1) 개요	53
2) 세부기준	54
3) 기존문헌을 통한 승객유형별 저상버스 가치	56
4) 승객유형별 불편함 지표를 통한 저상버스 가치	58
2. 교통카드 자료	64
V. 연구방법론의 적용	65
1. 노선별 편익의 추정 결과	65
1) 편익 추정을 위한 전제	65
2) 편익의 추정 결과	66
2. 회귀분석 결과	79
1) 회귀분석을 위한 전제	79
2) 회귀분석 결과	86
VI. 결론	90
1. 연구 결과	90
2. 연구의 한계 및 향후 연구 과제	92
참고문헌	94
Abstract	123
부록	99
부록1 노선별 1회 운행할 때 승하차 승객 분포	99
부록2 노선별 1회 운행할 때 재차인원 분포	111

표 목 차

[표 1-1] 서울특별시의 교통약자 인구 변화	5
[표 2-1] 초저상버스와 중저상버스의 비교	10
[표 2-2] 저상버스의 법적 기준	13
[표 2-3] 회사별 저상버스 사양	14
[표 3-1] 활동제약 속성들	34
[표 3-2] 승객유형별 비율	34
[표 3-3] 연도별 승객유형별 비율 변화	35
[표 3-4] 승객유형별 승차 및 하차인원 분류	35
[표 3-5] 일반버스와 저상버스의 승하차시간	36
[표 3-6] 승객유형별 추가승차시간	37
[표 3-7] 승객유형별 추가하차시간	38
[표 3-8] 승객유형별 승하차시간 차이	39
[표 3-9] 승객유형별 승차 및 하차인원 분류	39
[표 3-10] 물가상승률에 따른 재차인원의 시간가치 환산	41
[표 3-11] 기존 문헌의 승객유형별 승하차 가치	42
[표 3-12] 적은 절감 시간의 가치에 대한 분석 방법	44
[표 3-13] 승객유형별 저상버스 가치	46
[표 3-14] CNG 조세 항목	48
[표 3-15] 일반버스와 저상버스의 타이어비와 정비비	48
[표 3-16] 주행거리당 오염물질 배출량의 평균값	49
[표 3-17] 대기오염비용의 원단위	49
[표 4-1] 불편함 정도의 계산 방법	53
[표 4-2] 불편함 정도의 계산 방법(65세 미만, 비장애인)	56
[표 4-3] 승객유형별 저상버스 가치	56
[표 4-4] 영국의 물가상승률과 승객유형별 가치	57

[표 4-5] 승객유형별 환율을 통해 환산한 통행가치	58
[표 4-6] 고령자의 특성	58
[표 4-7] 불편함 정도의 계산 방법(65세 이상 - 장애가 없는 경우)	60
[표 4-8] 불편함 정도의 계산 방법(걸을 수 있는 장애인)	61
[표 4-9] 불편함 정도의 계산 방법(무거운 짐이나 유모차)	62
[표 4-10] 불편함 정도의 계산 방법(65세 미만 장애인)	62
[표 4-11] 불편함 정도의 계산 방법(65세 고령자 - 장애가 있는 경우)	63
[표 4-12] 기존 문헌의 승객유형별 불편함 점수 및 저상버스 가치	63
[표 4-13] 승객유형별 불편함 점수와 저상버스 가치	63
[표 5-1] 노선별 탑승인원이 많은 정류장	67
[표 5-2] 간선노선의 주요 지표	68
[표 5-3] 노선별 저상버스 투입에 따른 절감 시간(간선, 첨두) ·	69
[표 5-4] 노선별 저상버스 투입에 따른 절감 시간(간선, 비첨두)	69
[표 5-5] 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선의 주요 지표	70
[표 5-6] 노선별 저상버스 투입에 따른 절감 시간(동일권역 지선, 첨두)	71
[표 5-7] 노선별 저상버스 투입에 따른 절감 시간(동일권역 지선, 비첨두)	72
[표 5-8] 기타 지선노선의 주요 지표	73
[표 5-9] 노선별 저상버스 투입에 따른 절감 시간(기타 지선, 첨두)	74
[표 5-10] 노선별 저상버스 투입에 따른 절감 시간(기타 지선, 비첨두)	74
[표 5-11] 노선별 편익	76
[표 5-12] 노선별 부 편익의 결과	77
[표 5-13] 노선별 편익항목별 추정 결과	77
[표 5-14] 노선유형별 기초 통계량	86
[표 5-15] 노선유형별 회귀 분석 결과	88

그 립 목 차

[그림 1-1] 서울특별시의 교통약자 인구 비율	4
[그림 1-2] 연구의 흐름도	9
[그림 2-1] 일반버스의 내부 모습	11
[그림 2-2] 초저상버스의 내부 모습	11
[그림 2-3] 중저상버스의 내부 모습	11
[그림 2-4] 국내 저상버스 출고 모델	14
[그림 2-5] 휠체어 장애인의 저상버스 탑승 모습	16
[그림 2-6] 연도별 저상버스 누적 차량대수	17
[그림 3-1] 버스 재차인원의 통행시간 절감 편익 순서도	32
[그림 3-2] 침두 운행구별 방법	33
[그림 4-1] 보행기 및 보행차	55
[그림 4-2] 보행보조기	55
[그림 4-3] 연도별 고령자의 만성질환 유병률 분포	59
[그림 4-4] 연령대별 유병률	60
[그림 5-1] 서울버스노선 권역 구분도	66
[그림 5-2] 서울 전체 노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차 산점도 ·	80
[그림 5-3] 서울 간선노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차 산점도 ·	80
[그림 5-4] 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차 산점도	81
[그림 5-5] 기타 지선노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차 산점도	81
[그림 5-6] 서울 전체 노선의 대당 승차인원에 대한 잔차의 히스 토그램 및 P-P 도표	82
[그림 5-7] 서울 간선노선의 대당 승차인원에 대한 잔차의 히스토 그램 및 P-P 도표	83

[그림 5-8] 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선의 대당 승차인원에 대한 잔차의 히스토그램 및 P-P 도표	83
[그림 5-9] 기타 지선노선의 대당 승차인원에 대한 잔차의 히스토그램 및 P-P 도표	84
[부록 그림 1-1] 150번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	99
[부록 그림 1-2] 150번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	99
[부록 그림 1-3] 143번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	100
[부록 그림 1-4] 143번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	100
[부록 그림 1-5] 270번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	101
[부록 그림 1-6] 270번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	101
[부록 그림 1-7] 142번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	102
[부록 그림 1-8] 142번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	102
[부록 그림 1-9] 5633번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	103
[부록 그림 1-10] 5633번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	103
[부록 그림 1-11] 2016번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	104
[부록 그림 1-12] 2016번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	104
[부록 그림 1-13] 3214번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	105
[부록 그림 1-14] 3214번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	105
[부록 그림 1-15] 6513번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	106
[부록 그림 1-16] 6513번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	106
[부록 그림 1-17] 5511번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	107
[부록 그림 1-18] 5511번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	107
[부록 그림 1-19] 1132번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	108
[부록 그림 1-20] 1132번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	108
[부록 그림 1-21] 4412번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	109
[부록 그림 1-22] 4412번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	109
[부록 그림 1-23] 3316번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	110

[부록 그림 1-24] 3316번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴	110
[부록 그림 2-1] 150번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	111
[부록 그림 2-2] 150번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	111
[부록 그림 2-3] 143번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	112
[부록 그림 2-4] 143번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	112
[부록 그림 2-5] 270번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	113
[부록 그림 2-6] 270번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	113
[부록 그림 2-7] 142번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	114
[부록 그림 2-8] 142번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	114
[부록 그림 2-9] 5633번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	115
[부록 그림 2-10] 5633번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	115
[부록 그림 2-11] 2016번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	116
[부록 그림 2-12] 2016번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	116
[부록 그림 2-13] 3214번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	117
[부록 그림 2-14] 3214번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	117
[부록 그림 2-15] 6513번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	118
[부록 그림 2-16] 6513번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	118
[부록 그림 2-17] 5511번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	119
[부록 그림 2-18] 5511번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	119
[부록 그림 2-19] 1132번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	120
[부록 그림 2-20] 1132번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	120
[부록 그림 2-21] 4412번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포 ...	121
[부록 그림 2-22] 4412번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포	121
[부록 그림 2-23] 3316번 첨두 1회 운행시 재차인원 분포	122
[부록 그림 2-24] 3316번 비첨두 1회 운행시 재차인원 분포	122

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 의료기술, 정보기술 등이 발달하면서 평균수명이 점차 증가함에 따라 고령 인구가 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 노화의 진행에 따라 근육과 신경들이 약해지면서 걷는 데 어려움을 겪기도 하고, 이에 도움이 필요할 때도 있다. 또한 많은 뇌병변장애인이나 지체장애인들은 휠체어를 이용하여 이동하기도 한다. 휠체어와 같은 보행보조기구를 이용하는 장애인의 경우에는 접근할 수 있는 공간이나 장소가 한정적이다.

고령자나 장애인과 같이 이동에 있어서 불편을 느끼는 사람들을 교통약자라고 한다. 교통약자의 이동권이 보장받지 않게 되면 교육, 취업 등과 같은 사회적 활동이 어려움을 겪게 되며, 이러한 문제는 교통약자들이 사회 구성원으로서의 역할을 수행하지 못하게 한다. 2012년에 교통약자의 이동편의 증진법을 제정하여 이동편의시설 등을 통해 교통약자의 이동권이 보장될 수 있도록 하였다. 각 지자체에서는 교통약자의 이동권을 향상시키기 위해 교통약자 이동편의 증진법 제6조에 의거하여 매 5년마다 「교통약자 이동편의 증진계획」을 세우고 있다. 이 계획을 통해 각 지자체들은 교통약자의 이동권 보장을 위해 편의시설 설치, 특별교통수단 확대 등 여러 가지 정책들을 마련하고 있다. 예를 들어, 지하철역의 경우 교통약자의 이동 편의를 위해 에스컬레이터, 리프트, 승강기 등과 같은 편의시설들을 설치하도록 하고 있다. 하지만 버스의 경우에는 교통약자를 위한 편의시설들이 상대적으로 부족하다. 특히 교통약자의 이동권이 공론화되기 전 휠체어를 이용하는 장애인의 경우 버스를 이용하는

것은 불가능하였다.

이를 해결하고자 계단이 전혀 없는 저상버스를 도입하기 시작하였다. 저상버스는 보편적 설계(Universal Design)의 개념이 적용된 사례 중 하나이다. 저상버스의 가장 큰 특징은 일반버스와 달리 계단이 없다는 점이다. 이점은 기존에 버스를 이용하던 비장애인뿐만 아니라 고령자나 유모차를 동반한 승객도 쉽고 빠르게 버스에 오를 수 있게 하였다. 특히 휠체어를 이용하는 장애인의 경우 저상버스의 도입을 통해 버스의 승하차가 가능하게 되었다. 저상버스는 단순히 새로운 버스가 아닌 모든 사람들이 버스를 좀 더 편리하게 이용할 수 있게 하고, 휠체어 장애인에게는 새로운 수단의 탑승 기회를 제공하고 있다.

서울특별시시는 지난 2015년 12월 3일 전체 버스를 2025년까지 저상버스로 바꾸는 계획을 발표하였다. 더불어 교통약자들을 위해 버스 정류장도 ‘무장애(Barrier-free) 버스정류소’로 바꾸기로 하였다.¹⁾ 하지만 저상버스와 일반버스의 가격을 생각해볼 때 저상버스의 100% 도입이 경제적으로 타당한지는 말하기가 어렵다. 그 이유는 저상버스의 가격이 일반버스 대비 2배나 더 비싸고, 연비도 더 안 좋기 때문이다.

이처럼 저상버스는 장애인들의 이동권을 보장하기 위해 도입되고 있다. 하지만 저상버스 도입에 대해 경제적인 효과가 얼마큼 일어나는지에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 특히 저상버스는 계단이 없기 때문에 장애인뿐만 아니라 비장애인들에게도 편의성이 향상되었다. 따라서 본 논문에서는 저상버스의 여러 편리한 점들을 고려하여 저상버스의 경제적 편익을 알아보려고 한다. 승객 유형별로 저상버스를 이용함으로써 얻는 편익들을 살펴보고, 비장애인들도 어떤 편익을 가져다주는지 살펴본다. 이를 위하여 해외 사례를 통한 일반버스 대비 저상버스의 가치는 얼마인지 알아본다. 그 가치를 통해 저상버스가 확대 도입의 경우 전체

1) 서울시 도시교통본부 보행자전거과, “서울시, 전 지하철역 입구~승강장 장애인 이동권 보장”, 2015년 12월 3일 보도자료.

편익을 계산하여 저상버스 도입으로 인한 가치가 얼마나 있지 추정한다.

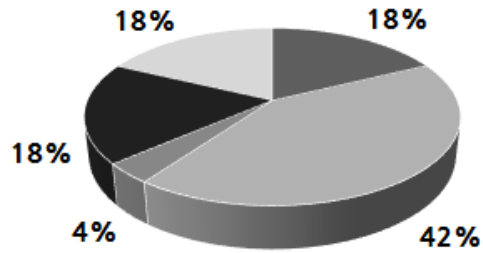
2. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 서울이며, 시간적 범위는 2014년을 기준으로 편익을 추정한다. 분석기간은 버스의 최대 사용 가능 연한인 11년으로 한다. 2013년 5월 22일에 서울시내버스를 이용한 사람들을 대상으로 버스 승객 유형별 수단 분담률을 계산하였다. 이를 바탕으로 버스 한 대를 운행할 때 발생하는 편익에 대해 분석한다.

1) 공간적 범위

공간적 범위는 국내에서 가장 많은 인구가 사는 서울특별시로 결정하였다. 서울특별시는 2015년 기준 총 인구 10,297,138명 중 1,267,563명이 65세 이상의 인구이다. 이 인구수는 2010년 대비 약 10만 명이 증가한 것이며, 그 추세는 꾸준히 증가하고 있다. 장애인의 경우 2014년 기준 총 398,908명이 서울에 거주 중에 있으며, 그 중 60세 이상의 인구는 208,097명으로 많은 장애인이 고령인 것으로 나타났다.

2012년에 조사된 서울특별시 교통약자 인구수는 총 2,295,252명으로 총 인구대비 22%를 차지하고 있다. 이중 고령자는 전체 교통약자 대비 약 42%를 차지하고 있으며, 장애인은 이보다 적은 17.8%를 차지하고 있다. 아직까지는 어린이, 영유아동반자의 비율이 상당히 높은 편이지만 출산을 감소로 인해 이 비율은 점차 낮아질 것으로 예상된다.



■ 장애인 ■ 고령자 ■ 임산부 ■ 영유아동반자 ■ 어린이

출처: 서울특별시, “서울특별시 교통약자 이동편의 증진계획”, 2013, p. 23.

<그림 1-1> 서울특별시의 교통약자 인구 비율

2008년부터 2012년까지 교통약자 인구의 변화를 살펴보면 임산부, 영유아동반자, 어린이의 감소가 나타난다. 반면 고령자는 급격하게 증가하고 있다는 것이 눈에 띄고 있다. 앞으로의 교통약자 유형 중 대부분이 고령자의 인구가 늘어나면서 그 비중이 더 높아질 것으로 예상된다.

<표 1-1> 서울특별시의 교통약자 인구 변화

구분		교통약자(명)					
		장애인	고령자 ²⁾	임산부	영유아 동반자 ³⁾	어린이 ⁴⁾	계
2008년	인구수	346,275	737,041	101,920	441,701	521,680	2,148,617
	총 인구대비 비율(%)	3.4	7.2	1.0	4.3	5.1	21.1
2012년	인구수	407,528	969,638	84,538	421,864	411,684	2,295,252
	총 인구대비 비율(%)	3.9	9.3	0.8	4.0	3.9	22.0
증감	인구수	61,253	232,597	-17,382	-19,837	-109,996	146,635
	총 인구대비 변화 비율(%)	0.5	2.1	-0.2	-0.3	-1.2	0.9

출처: 서울특별시, “서울특별시 교통약자 이동편의 증진계획”, 2013, p. 27.

본 논문에서는 교통약자 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 고령자에 대해 집중하여 분석한다. 또한 저상버스는 주로 휠체어 장애인의 편의를 위한 버스이다. 하지만 본 연구 대상에서 휠체어 장애인을 배제하였다. 그 이유는 휠체어 장애인의 경우 승차와 하차를 위해서는 다른 사람들과 다르게 버스차량과 정류장을 연결해주는 발판을 통해 휠체어와 함께 탑승을 하게 되는데, 이 때 소요되는 시간은 주변 물리적 환경에 따라 큰 편차가 있다. 휠체어 장애인의 경우 이와는 별도의 세부적인 현황조사에 따른 분석이 필요하므로 본 논문의 대상에서는 배제하였다.

2) 65세 이상 인구

3) 0~4세 인구

4) 5~9세 인구

2) 시간적 범위

시간적 범위는 기준년도를 2014년을 기준으로 하여 이후 11년을 분석기간으로 하였다. 서울에 저상버스가 처음 운행된 것은 2002년에 시험운행을 시작하여 2003년에 2대로 운행을 시작하였다. 이후 저상버스는 여러 모델들이 나오면서 시내버스에 투입되었고, 제일 최근에 나온 모델은 2014년에 나온 저상버스 모델들이다.

또한 버스의 내구연한은 「여객자동차운수사업법 시행령」 중 제40조 제1항과 관련 있는 ‘사업용 자동차의 차령과 그 연장요건’을 살펴보면 버스의 경우 최대 9년까지 연장하여 운행할 수 있으며, 이후 차령 기간이 만료되기 전 2개월 이내에 6개월마다 검사를 받아 검사기준에 적합할 경우 최대 2년까지 차령을 연장 운영할 수 있다.

따라서 2014년을 기준으로 2025년까지의 편익 추정한다. 노령인구의 증가로 고령 버스승객의 연도별 비율이 증가된다는 것을 가정으로 한다. 그 인구 비율은 「2013-2040 장래인구추계 시도편」(2014, 통계청) 자료를 이용하였다.

3. 연구의 수행절차

본 연구에서는 버스승객 유형별 가치를 구한 후 그 편익을 분석한다. 현재 연비, 유지보수비용 등 비용 측면에서 일반버스와 차이점을 분석한다. 저상버스를 도입했을 때 버스 승객과 운전기사가 얻는 편익들이 무엇이 있는지 살펴보고, 그 가치를 분석하고자 한다. 서울시내 노선에 대하여 버스노선별 저상버스의 도입에 영향을 미치는 3가지 지표를 통하여 회귀분석을 실시한다.

선행연구 고찰에서는 크게 2가지 분류로 나눠서 내용을 살펴본다. 첫 번째로 교통약자 이동권에 대한 여러 문헌들을 통해 교통약자가 교통수단을 이용하는데 있어서 특징과 이동에 있어서 어려운 점을 알아본다. 교통약자가 이동권을 보장받았을 때 얻는 편익들이 무엇인지 알아본다. 두 번째로 저상버스 및 유니버설 디자인에 대한 문헌에서는 저상버스와 관련된 보고서, 논문을 통해 저상버스의 도입을 통해 얻어지는 편익들을 살펴본다. 또한 유니버설 디자인의 가치가 얼마인지 기존 문헌고찰을 통해 살펴본다.

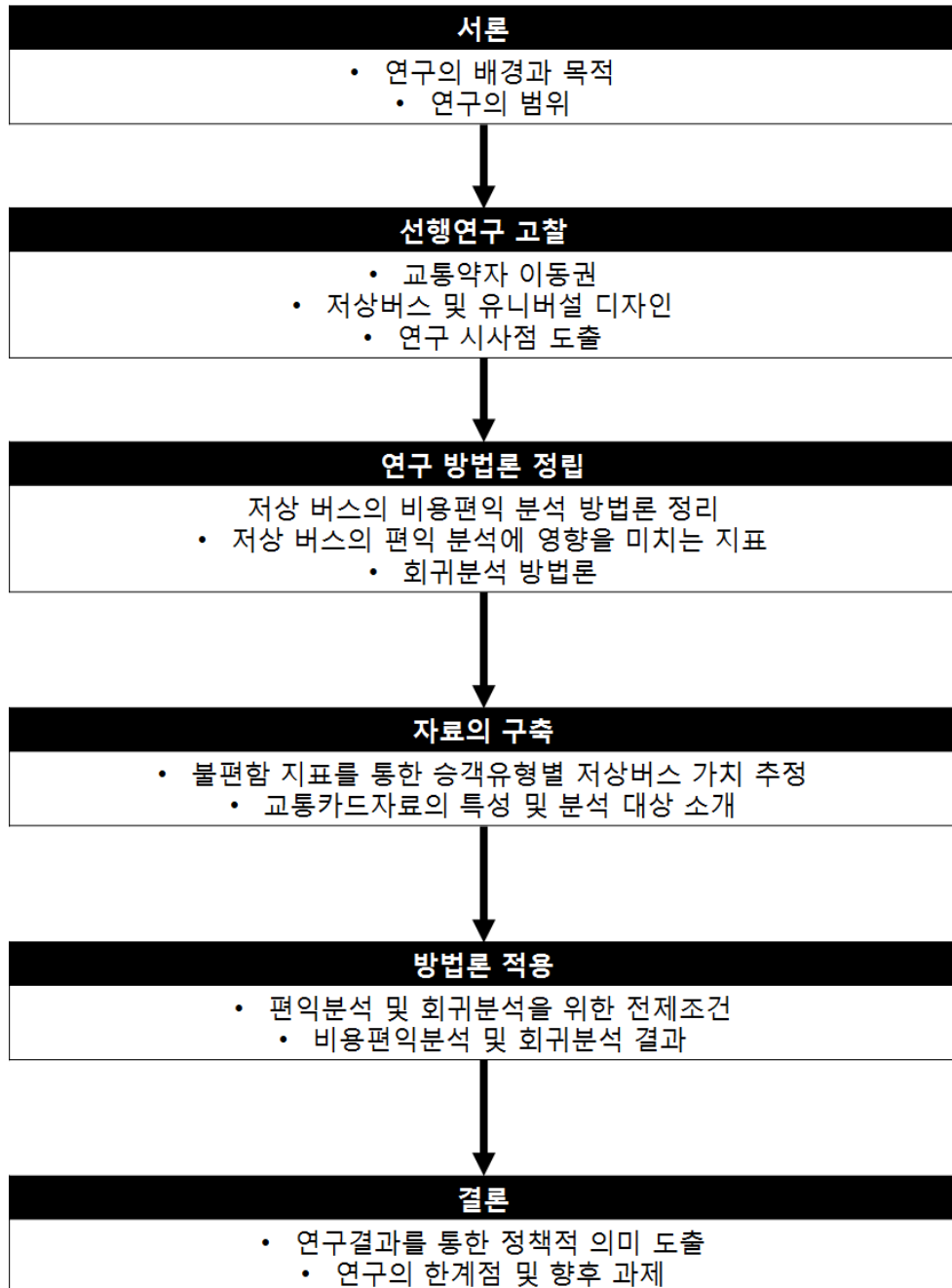
연구 방법론에서는 저상버스 도입으로 인해 얻게 되는 편익에 대해 알아본다. 먼저 저상버스 편익 항목들이 어떤 근거로 만들어지게 되었는지 알아본다. 저상버스 도입과 관련된 편익은 총 7가지 편익이며, 이 중 3가지는 양의 편익이 이며, 4가지는 부의 편익이다. 주로 양의 편익은 저상버스가 승차 및 하차가 편리해짐에 따라 얻는 편익이고, 부의 편익은 저상버스가 일반버스보다 좋지 못 한 운영비 등에 의한 편익이다. 또한 버스 운영의 효율성을 판단할 수 있는 3가지 지표를 통하여 저상버스 도입의 편익을 추정할 수 있는 회귀분석을 실시한다. 해당 지표는 저상버스 도입에 따른 편익 항목과 연관성이 높은 지표이며, 해당 지표를 통해 그 편익 크기를 추정할 수 있다.

자료의 구축에서는 저상버스 가치를 구하기 위한 ‘불편함’이라는 지

표에 대해 알아본다. ‘불편함’은 버스승객 유형별 보행 이동시 어려운 점을 고려하여 평가되는 지표이다. 이 지표를 통해 버스승객 유형별 저상버스 가치를 계산한다. 또한 편익계산을 위해 쓰인 교통카드 자료들에 대해 알아본다. 교통카드의 여러 자료 항목들 중 어떤 항목들을 이용하였는지, 어떤 틀을 이용해 자료를 분석하였는지 제시한다. 교통카드자료의 한계점이 무엇인지에 대해 논한다.

앞서 언급한 방법론을 바탕으로 교통카드자료를 이용하여 저상버스 도입에 의한 편익을 산출한다. 분석방법상의 전제조건이 무엇인지 제시하고, 결과값이 의미하는 바가 무엇인지 노선별로 비교하며 분석한다. 또한 노선유형별로 회귀분석을 실시한 다음, 회귀분석이 갖는 의미와 노선유형별 특성에 대해 논한다.

결론부분에서는 연구내용을 요약하고, 연구결과를 통해 어떤 정책적, 사회적으로 어떤 의미를 담고 있는지 살펴볼 것이다. 그리고 본 연구에서 부족한 점은 무엇인지 분석하여 제시할 것이다.



<그림 1-2> 연구의 흐름도

Ⅱ. 저상버스 현황 및 선행연구의 고찰

1. 서울시 저상버스 현황

1) 차량 구조 및 특징

현재 운영되고 있는 저상버스 종류는 중저상버스와 초저상버스로 나뉘어진다. 초저상버스는 일반버스와 비교하여 승하차시 계단이 없고, 하차문이 슬라이딩식이 아닌 클라이딩 도어 형식으로 일반버스에서는 하차문에 끼임사고 방지를 위해 센서를 계단 부분에 설치하고, 초저상버스는 문 자체에 센서를 설치하여 압력이 감지되면 다시 문이 열린다. 또한 초저상버스에는 장애인의 승하차를 위한 편의시설도 갖춰져 있다.

중저상버스는 초저상버스와 달리 계단이 하나 있으며 하차문도 초저상버스와 같은 클라이딩 도어형식이다. 중저상버스의 장애인 편의 시설인 널링 시스템은 중저상버스에서도 구비가 되어 있지만 장애인을 태우기 위한 리프트는 필수 설치시설이 아니다. 하지만 중저상버스는 초저상버스와 달리 비교적 적은 비용으로 차량을 구입할 수 있으며, 연비는 중저상버스가 수동변속기를 이용하기 때문에 초저상버스보다 우수하다.

<표 2-1> 초저상버스와 중저상버스 비교

	초저상버스	중저상버스
연비(km/m ³)	1.8	2.0
가격(원, 대우 2011년 기준) ⁵⁾	191,311,132	119,295,520
저상면 높이(mm)	340	610
장애인 편의시설	의무	선택(리프트 설치비용 2,800만원)

출처: 서울특별시 도시교통본부 버스정책과, 2013, “중저상버스 도입 추진 검토”.

5) 서울특별시(2014), “2014년 시내버스 표준원가에 따른 운송비용 정산지침”



출처: 현대자동차 홈페이지, <https://goo.gl/ijif0J>

<그림 2-1> 일반버스의 내부 모습



출처: 이승환, “CNG 하이브리드가 버스업계 새바람 일으킬 것”, 『교통신문』 (2015년 5월 12일)

<그림 2-2> 초저상버스의 내부 모습



출처: 이승환, “중저상버스가 버스 시장
新패러다임 될 것”,
『교통신문』 (2015년 7월 3일)

<그림 2-3> 중저상버스의 내부 모습

하지만 많은 장애인 단체에서는 중저상버스의 도입을 반대했다. 전국 장애인차별철폐연대는 2014년 2월 10일 성명서에서 “중저상버스는 결코 장애인 등의 교통약자를 위한 대중교통수단이 될 수 없다. 중저상버스는 리프트를 장착하면 휠체어 이용 장애인의 승하차가 가능하다고는 하나, 기존의 일반버스와 마찬가지로 여전히 계단이 존재하기 때문에 다른 교통약자에게는 자유롭고 안전한 접근권을 전혀 제공할 수가 없다.”라고 입장을 밝혔다.⁶⁾ 강력한 장애인들의 반발로 결국 서울시는 중저상버스를 도입을 철회하였다.⁷⁾

법적인 저상버스의 기준은 「교통약자의 이동편의 증진법」 제26조 제 3항에 의거하여 고시되고 있다. 저상버스의 가장 큰 특징으로 저상면의 넓이가 전체 차실 바닥의 35%이상이어야 하고, 교통약자를 위한 편의시설이 갖춰져 있어야 한다. 일반버스와 달리 앞쪽 좌석이 접의식의 자로 휠체어 장애인이 그 공간을 이용할 수 있도록 마련되어 있어야 한다. 본 논문에서 저상버스는 중저상버스를 제외하고, 아래의 법적 기준을 준수한 초저상버스만을 말한다.

6) 이슬기, “‘중저상버스 도입’ 장애계 반대 이어져”, 『에이블뉴스』 (2014년 2월 11일)

7) 하금철, “박원순 시장, “중저상버스 도입하지 않겠다”, 『비마이너』 (2014년 3월 7일)

<표 2-2> 저상버스의 법적 기준

항 목		저상버스 표준모델 세부기준 내용
차량 크기	전체 길이	10,500mm 이상
	저상면 높이	340mm 이하
	차실천장 높이	저상면: 2,100mm 이상, 뒷부분 통로면: 1,900mm 이상
	출입문 유효폭	중간문 : 1,200mm 이상 앞문 : 900mm 이상
추진 장치	변속기	자동 또는 수동
	CNG 연비	4.3 km/m ³ 이상
교통 약자 편의 시설	자동 경사판	경사도 1/12 이하
	차체 경사장치	60mm 이상 조절 가능
	휠체어 고정장치	전동식, 수동식 휠체어 공용 가능한 2개 이상
	좌석 팔걸이	통로쪽 좌석에 설치
	정차 벨	휠체어 탑승자와 어린이 등도 쉽게 누를 수 있는 위치에 충분한 개수 설치
	행선지 표시	승객들이 쉽게 알 수 있도록 차량 전면 및 측면에 LED 전광판으로 설치
출입문		자동문으로 설치하되, 비상시 수동도 가능, 도어끼임방지, 개문 발차 방지, 도어 오픈방지, 발끼임 방지시스템 등 안전장치를 설치
CNG 탱크 안전장치		화재 및 가스 누출경보장치, 소화장치 설치

출처: 국토교통부, 2014, “저상버스 표준모델에 관한 기준 개정”, 별표.

현재 출고 되고 있는 저상버스의 사양을 먼저 보면 일반버스와 큰 차이점은 없지만 수동변속기 대신 자동변속기를 사용한다는 점과 좌석수와 입석수가 일반버스에 비해 더 적다. 수동변속기와 자동변속기는 승차감에 영향을 주는 것으로 나타났다. 많은 저상버스에서는 자동변속기가 장착 중인데, 버스에 자동변속기를 적용함으로써 기사의 운전 편의성이 상승할 뿐만 아니라 변속의 최적화된 클러치 조작이 가능하기 때문에 승차감도 향상이 된다.⁸⁾

8) 김정철(1998), “[특집] 자동차용 변속기분야의 개발 동향”, 오토저널, 20(5), p. 21.
조한상 등(1998), “자동화 변속기를 장착한 하이브리드 버스의 변속 특성 해석과 승차감

현재 국내에서 저상버스를 제작하는 업체는 2군데이며, 이 회사들에서 제작되는 저상버스의 모습과 사양은 아래와 같다.

출입문 바닥을 인도 높이까지 낮추어 안전한 승하차를 제공하는
신진국영 환경친화형 CNG버스



출처: 자일대우버스(주), <https://goo.gl/aNr5zv>

출처: 네이버블로그, 까치가 바라보는 세상, <https://goo.gl/sXvsI1>

<그림 2-4> 국내 저상버스 출고 모델

<표 2-3> 회사별 저상버스 사양

		대우(NEW BS110)	현대(뉴 슈퍼에어로시티)
정원(좌석+입석+기사좌석)		24+21+1	24+26+1
제원 (mm)	전장	11,000	10,995
	전폭	2,490	
	전고	3,250	3,310
	축거	5,400	
최소회전반경(m)		8.9	
엔진		GL11K (290마력)	C6AF(290마력)
타이어		275/70R22.5-16PR	

출처: 각 차량 회사 홈페이지(현대: <https://goo.gl/uzSU1J>, 대우: <https://goo.gl/75X5cs>)

저상버스에는 휠체어 장애인이 버스에 탑승할 수 있도록 여러 장비와 시설들이 갖추어져 있다. 승하차를 위한 장비로 경사판(Sliding Ramp)이 구비되어 있다. 경사판은 일반승객이 탑승했을 때에는 경사판이 필요 없지만 휠체어 장애인이 이용할 때 버스와 정류장을 이어주는 역할로써 작

향상에 관한 연구”, 자동차공학회 춘 추계 학술대회 논문집, p. 870.

동이 된다. 경사판이 없이 저상버스를 타게 되면 바퀴가 빠질 염려가 있고, 휠체어를 직접 들어서 탑승해야 한다.

차체 경사장치(Kneeling System)은 차체를 8cm 정도 차체를 보도 쪽으로 기울여 휠체어 장애인이 원활한 승하차를 돕는 장치이다. 차체와 보도와의 높이 차이를 없애고, 경사판을 통해 휠체어 장애인은 버스와의 간격이 없이 승하차할 수 있도록 한다. 이 장치는 일반승객을 탑승할 때도 일부 모델에서 자동으로 이 장치가 적용되게끔 설정되어있다.

휠체어 장애인이 저상버스에 탑승하게 되면 문 근처에 있는 의자를 접어 탑승하게 된다. 수동 휠체어의 경우 바퀴가 얇기 때문에 휠체어 고정장치에 고정할 수 있지만 상대적으로 바퀴가 두꺼운 전동 휠체어나 스쿠터인 경우 휠체어 고정장치에 뒷바퀴를 고정할 수 없기 때문에 접의식 의자 2개를 접은 후 버스에 탑승한다.



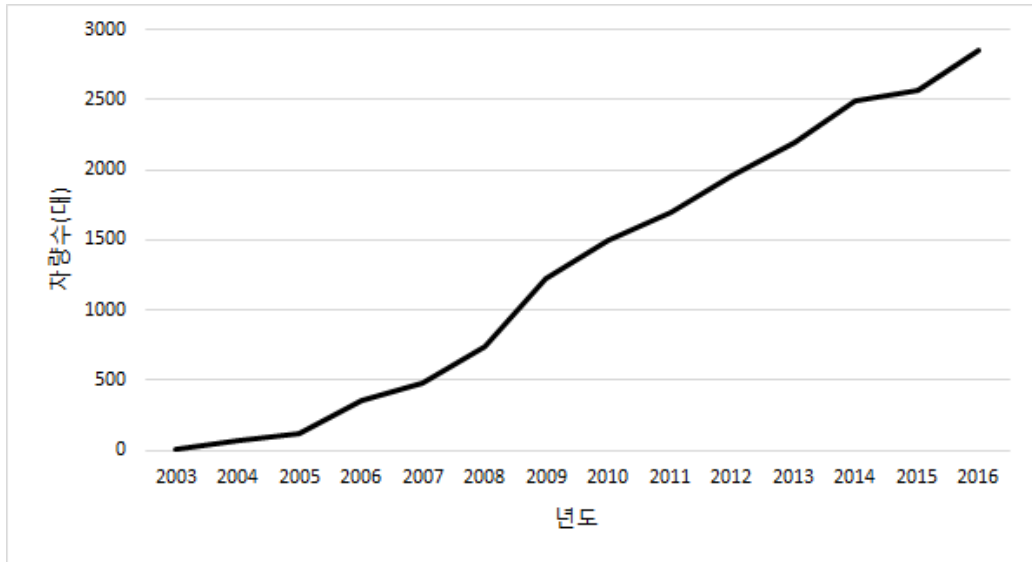
출처: 피오나의 아름다운 이야기 모음, “차세대 친환경버스 내부 구조는 어떤 모습일까?”,
<https://goo.gl/xDiq7G>

출처: 한영훈, “장애인 이동권 보장, 실효성 고려된 저상버스 도입이 첫걸음이다.”,
 『함께걸음』

<그림 2-5> 휠체어 장애인의 저상버스 탑승 모습

서울특별시의 저상버스 도입현황을 살펴보면 2003년 2대의 저상버스를 도입을 시작으로 2016년 11월 기준으로 총 7,427대 중 저상버스는 2,855대가 운영 중에 있다. 2,855대 중 중저상버스는 포함되지 않은 대수이며, 같은 기준 시점으로 중저상버스 운행 대수는 126대이다.⁹⁾

9) 서울특별시 버스 운행 회사들 중 중저상버스를 운행하고 있는 동아운수(124대)와 신길운수(2대)의 중저상버스 대수 확인



출처: 희망서울 생활지표, 저상버스 도입대수 <https://goo.gl/6i6J2K>

<그림 2-6> 연도별 저상버스 누적 차량대수

2) 보조금 지급 현황

저상버스의 가격은 일반버스의 가격보다 약 1억 원 정도 비싼 가격이다. 따라서 저상버스 구입할 때는 정부와 지자체에서 일반버스보다 더 많은 보조금을 보조해 준다. 서울특별시의 경우에는 저상버스 1대당 1억 원의 보조금이 국비와 시비의 매칭 펀드를 통해 지원하고 있다. 이 때 국비의 비중은 40%이고, 시비의 비중은 60%이다.

하지만 예산부족의 이유로 보조금지급이 어려운 실정이다. 2013년의 경우 저상버스 목표 도입 대수는 522대이다. 하지만 이를 위한 예산 편성액은 331억 원으로 부족예산액은 181억 원이다. 특히 차량이 만료된 66대의 저상버스의 경우 대차할 저상버스에 대한 편성금액이 부족한 상태이다. 서울시는 저상버스 보조금의 예산을 확보하기 위해서 예산부서와 시의회에서 관련 예산이 편성될 수 있도록 노력하고 있다.¹⁰⁾

보조금이 부족하지만 저상버스의 보급을 위해 노력하는 이유는 장애인의 이동권을 보장하는 것뿐만 아니라 유니버설 디자인의 개념에서의 편의가 증가하기 때문이다. 특히 계단이 없기 때문에 승하차시간의 감소, 운영시간의 감소 등의 편익이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 편익이 경제적으로 얼마나 가치가 있는지 알아본다.

10) 서울특별시 도시교통본부(2013), ‘중저상버스 도입 추진 검토’ 중

2. 선행연구의 고찰

1) 교통약자

교통약자는 일반인과는 달리 많은 부분에 있어서 이동의 어려움을 겪고 있다. 이러한 제약을 없애주기 위해 승강기 같은 편의시설을 설치하기도 하고, 정보를 통해 교통약자들이 어려움 없이 가고자 하는 곳을 가도록 안내해주고 있다. 하지만 교통약자의 편의를 위해 시설을 설치하는 것은 많은 비용 대비 효과가 크게 없다고 생각할 수 있겠지만 교통약자의 이동권을 보장함으로써 갖는 의미는 크다.

이재석(2010)은 교통약자 중 장애인을 대상으로 저상버스가 갖는 의미에 대해 연구하였다. 서울특별시의 버스체계 개편이후 저상버스가 갖는 의미는 교통체증을 줄일 수 있는 하나의 방안이었다. 하지만 이는 장애인들에게는 생존권과 연계된 문제였다. 저상버스가 장애인의 입장을 잘 고려하지 않은 버스이기에 한계가 뒤따르고 있다는 점과 장애인의 이동권에 대해 장애인의 참여가 부족했다는 것을 보여주고 있었다.

고관우 등(2014)은 제주도의 특별교통수단을 이용하는 장애인을 대상으로 만족도에 대한 설문조사를 실시하고, 만족도와 삶의 질과의 상관관계에 대해 분석하였다. 그 결과 만족도 수준에서는 휠체어와 관련된 안전성이 제일 높게 나왔고, 이용절차와 관련된 편리성은 제일 낮게 나왔다. 삶의 질 측면에서는 안전성이 높을수록 삶의 질에 긍정적인 영향이 있는 것으로 확인이 되었다.

곽성열(2014)은 서울특별시에 있는 장애인을 대상으로 운영되는 교통수단들에 대해 현황과 이용실태, 지원시스템에 대한 문제점과 운영상의 문제점이 무엇인지 알아보았다. 이를 알아내기 위해 선진국의 사례와 비교하였다. 서울특별시의 경우 국가정책차원에서 여러 가지 지원 사업들을 하고 있었지만 장애인들에게 피부로 느껴질 만한 정책의 효과는 없었으며, 정책상 미흡한 점이 많았다. 저상버스의 경우에는 장애인이 더 쉽

게 이용하기 위해서 도로망이 확대 개선되어야 한다고 주장하였다. 마지막으로 장애인 사회 구성원의 인식과 문화적 풍토에서의 통합을 강조하였다.

김경연(2002)은 장애인의 이동권과 관련하여 교통수단의 개선여부, 정책적 제언 등을 제시하고 있다. 현재 전반적인 장애인 이동권의 이론적 고찰과 선진 해외 사례를 통해 현재 서울시 장애인 이동권 정책에 대한 문제점을 파악하였다. 이에 대한 해결방안으로 대중교통기반의 이동권 정책들이 마련이 되어야 하며, 대중교통이용이 어려운 장애인을 위해서 특별교통수단 등의 제도가 마련이 되어야 한다고 주장했다.

캐나다에 있는 Institute of Urban Studies(2009)에서는 CCDS(Canadian Centre on Disability Studies)라는 모형을 개발하였다. CCDS 모형을 통해 커뮤니티의 활성화와 장애를 갖고 있는 노인들이 커뮤니티 활동에 참여할 수 있도록 도와주는 정책적 모형이다. CCDS 모형에서는 10가지 커뮤니티 활동을 정하고 이에 대한 기본적인 원칙을 6가지 선정하였다. 그 6가지는 참여, 커뮤니티 연결성, 리더십, 지속가능성, 유니버설 디자인, 경제적 적절성이다. 이 모형은 도시부 지역과 지방 지역으로 나누어 분석하였다. 그 결과로 각 지역별로 조금씩 다르지만 대중교통이 커뮤니티 활성화에 많은 도움을 주고 있었다.

교통약자의 이동권이 확보가 된다면 이에 따른 편익도 많이 생겨난다. 특히나 장애인의 활동 증가는 직간접적으로 많은 영향을 준다. 교통약자의 접근성 및 이동성 확보에 따른 사회적 편익들에 대한 논문은 아래와 같다.

Canadian Urban Transit Association(CUTA, 2013)에서는 교통약자들에게 이용 가능한 교통수단을 제공했을 경우 이에 대한 편익 항목들과 그 비용을 MAE(Multiple Account Evaluation)을 이용하여 계산하였다. 질적으로 나타나는 편익과 양적으로 나타나는 편익으로 나누어 분석을 실시하였으며, 양적으로 나타나는 항목들은 개인적 관점과 국가의 관점

에서 접근 가능한 수단에 대한 경제적 효과, 높은 교육 참여에 대한 효과, 의료비용에 대한 효과, 도로 이용자 안전에 대한 효과, 특별교통수단에 대한 효과 등이다.

Beard et al.(2013)에서는 지역 사회에서의 대중교통이 접근 가능한 수단으로 바뀔 경우 사회적 편익에 대해 계산하였다. 이를 위해 대량의 SP조사를 실시하였으며, 그 결과로 무임권 소지자의 경우 £3.84, 그 외 다른 승객의 경우엔 £8.17만킬의 가치가 있는 것으로 분석되었다.

신용은 등(2014)는 교통약자의 통행패턴을 알아보기 위해 경상남도 특별교통수단 콜센터 자료를 이용하여 특별교통수단의 통행패턴을 분석하였다. 콜센터 자료에는 장애특성, 이용건수, 휠체어 이용여부, 통행목적, 출발지 및 목적지 등을 포함하고 있기 때문에 이용자의 기본특성도 파악할 수 있었다. 그 결과 주로 뇌병변장애인들의 탑승이 많았으며, 교통약자들은 일반인보다 다른 통행 패턴을 보였다.

교통약자는 일반인과는 달리 이동하는데 많은 어려움이 있다. 이를 위해 각 지자체는 이동의 어려움을 최소화하기 위해 많은 정책들과 시설들에 투자를 하고 있었다. 이러한 노력에도 불구하고 실제로 교통약자들은 아직까지 많은 불편함을 겪고 있다. 따라서 교통약자들이 불편함을 최소화하기 위해서 많은 교통관련 제도나 정책들을 연구할 필요가 있다.

2) 저상버스 및 유니버설 디자인

저상버스는 여러 유니버설 디자인들 중 하나의 수단이다. 따라서 저상버스를 알기 전에 유니버설 디자인의 개념을 알 필요가 있다. 유니버설 디자인은 ‘모든 사람을 위한 디자인’으로 장애, 성별, 국적 등을 불문하고 누구나 그 시설을 이용할 수 있도록 제작된 디자인이다. 이 개념에는 무장애 디자인의 개념까지 포함되어 있다. 본 논문에서 주로 다루어질 내용은 저상버스에 대한 가치를 어떻게 평가했는지 알아보기 위해 유

니버설 디자인과 저상버스의 가치를 평가한 논문을 중심으로 살펴본다. 또한 유니버설 디자인을 통한 접근성 향상으로 인한 교통약자의 편익향목은 어떤 것들이 있는지도 알아본다.

백상근(2008)은 부산광역시 지하철 역사의 무장애 시설의 현황과 실태를 파악하고, 지하철 역사 내부에서의 어떤 무장애 시설이 더 시급한지 알아보았다. 또한 조건부가치추정법을 이용하여 무장애 시설의 가치가 얼마인지 알아보았다. 그 결과 승강기의 평균 지불의사 금액은 42,750원, 에스컬레이터는 43,210원, 장애인 개찰구는 25,074원, 단차해소시설은 23,912원으로 나타났다. 응답자 유형별로 봤을 때는 교통약자의 지불의사 금액이 더 높았으며, 지하철을 더 적게 이용할 경우, 나이가 어릴수록 무장애 시설에 대한 지불의사금액이 더 높았다.

Odeck et al.(2010)은 도로 분야에서의 유니버설 디자인의 경제적 평가와 사회경제적 관점에서의 유니버설 디자인을 평가하였다. 방법은 비용편익 분석 방법을 이용하여 유니버설 디자인을 평가하였다. 자료는 다양한 기존문헌을 통해 얻어진 명목상가치의 값을 이용하였다. 그 중 저상버스 도입, 버스 정류장에서의 연석, 조도 향상에 대한 경제적 평가를 실시하였다. 그 결과 유니버설 디자인은 적은 투자비용으로 높은 편익을 낼 수 있기 때문에 수익성이 있는 투자라고 결론지었다. 또한 유니버설 디자인을 금전적 가치에 대해서도 연구하였다.

Alice(2007)은 현재 장애인의 주요 교통에 대해서 양적인 분석이 부족하다는 점을 토대로 장애에 대한 사회적 모형, 새로운 직관 이론, 복지경제학측면에서의 양적 연구를 실시하였다. 이를 위해 SP조사를 실시하였으며, 이중 이산형 선택 실험법을 선택하였다. 램프시설, 계단, 리프트 등의 시설에 대해서 지불의사금액은 최소 15p에서 최대 141p로 장애의 유무, 장기 손상, 물리적 장애에 따라 다양한 금액으로 분석되었다.

Fearnley et al.(2011)은 유니버설 디자인이 장애인뿐만 아니라 비장애인도 많은 편익을 가져다준다는 점을 착안하여 그 편익을 측정하고자

SP조사를 실시하였다. 총 451명에게 실제 통행 패턴, 선택 실험법과 관련 문항, 가치추정법에 대한 문항에 대해 설문을 실시하였다. 버스 정류장과 의자, 정류장 내 조명, 정류장 청결함, 제설에 대한 경제적 평가가 이루어졌다. 이를 높은 기준에서의 유니버설 디자인, 낮은 수준의 유니버설 디자인, 유니버설 디자인이 적용되지 않았을 때로 나누어 결과를 제시하였다. 그 결과 각각의 디자인 수준별로 사람이 많을수록 그 편익이 점점 커지는 것으로 나타났다.

Karekla et al.(2011)도 역시 기존의 교통약자를 위해서 접근 가능한 교통 서비스에 대해 더 폭넓게 평가하였다. 교통약자뿐만 아니라 교통운전자, 일반인까지 포함하여 조사하였다. 런던 지하철의 승강장과 열차간의 간격이 더 좁혀질 수 있도록 하는 승강장 개선 공사에 대해 어떠한 점이 혜택을 가져다주는지 제시하였다. 그 결과 승하차시간의 감소에 따라 운영비용 감소, 인건비 절감 등이 포함되었고, 승객입장에서는 통행시간 감소 등이 편익항목에 포함되었다. 이에 따라 얼마큼 승하차시간이 감소되는지 추정하고, 이에 대한 편익을 계산하였다. 그 결과 편익에 의한 경제적 가치는 직간접적으로 운전자와 승객에게 많은 혜택을 주고 있기 때문에 편익비용비가 높게 측정되었다.

Bailey et al(1986)은 특별교통수단에 대해서 세부적 특징들을 조사하고, 잠재적 편익들에 대해 평가하였다. 영국에서의 1000명 이상의 특별교통수단 이용자들을 대상으로 수요 대응형 특별교통수단에 대해 설문조사를 실시하였다. 그 중 31명에 대해서는 심도 인터뷰를 진행하였다. 그 결과 특별교통수단은 많은 장애인들에게 사회적 참여기회와 도움의 의존성을 감소시키는 역할을 하고 있다.

Suen et al.(1999)은 1991년부터 1996년까지 진행된 장애인들을 위한 기술 교환 프로그램을 진행하였다. 이 프로그램에서의 주요한 6가지 기준 삼아 진행되었는데, 그 점들은 선택 절차와 위원회, 정부 기준과 규제 등 이었다. 저자들은 해당 제품을 목표하는 대상이 작거나 다양하기

때문에 시장의 반응에 따라 접근 가능한 교환 제품들은 접근 가능한 정책을 강화하는 척도를 강화하고, 도입을 촉진되어질 수도 있다.

Waara(2009)은 고령자와 장애인을 대상으로 통행을 위한 정보에 대한 필요성을 연구하였다. 57세 이상의 고령자와 장애인을 대상으로 설문을 실시했으며 정보에 대한 중요성을 7점 척도로 하여 설문조사를 실시하였다. 대중교통 유형별로 정보의 중요성에 대해 조사하고, 통행 정보에 대한 상관계수도 측정하였다. 그 결과 장애와 이용자 유형별로 정보의 가치의 중요성은 다르게 평가되었다.

Lyche et al.(2001)은 ‘무지의 베일(veil of ignorance)’ 이론으로 인해 유니버설 디자인에 대한 편익이 더 크게 추정될 수 있다고 주장하였다. 또한 전통적인 비용편익 분석방법은 많은 단점을 갖고 있는데, 특히 비용편익분석을 통한 유니버설 디자인에 대한 사회경제적 잉여는 분석하기가 어려웠다. 특별교통수단을 대상으로 비용을 계산하고, 장애인을 대상으로 그 편익을 계산하였다. 그 결과 장애인 고용이 5% 증가할 때 편익은 1.75billion NOK이다.

저상버스의 도입과 가치에 대한 논문들을 살펴보면 조규석 등(2012)은 현재 저상버스의 운행여건과 저상버스 보급정책의 실태, 문제점 등을 검토하였다. 과거 저상버스의 도입경위와 일본의 저상버스 도입 정책을 토대로 저상버스 효율적 지원 방안을 연구하였다. 그 방안으로는 저상버스 기술의 국산화, 중형저상버스의 개발 등을 제시하였다.

민승기(2009)는 저상버스 도입효과를 분석하기 위해 편익비용분석법을 이용하였다. 대안은 총 4가지로 국가의 지원을 받는 경우, 그렇지 않은 경우와 일반버스와 같이 저상버스를 도입하는 경우, 일반버스와 저상버스를 동시에 도입하면서 국가의 지원을 받는 경우로 나누어서 분석하였다. 저상버스 도입으로 인한 편익항목으로는 승하차시간 절감, 대기오염 개선 효과이었다. 그 결과 일반버스와 저상버스가 동시에 보급이 되면서 국가의 지원을 받는 경우가 가장 타당성이 높게 분석되었다.

김지영 등(2008)은 노인층을 대상으로 저상버스의 승하차시간의 절감효과에 대해 조사하였다. 조사장소는 종로일대에서 버스에 탑승하여 노인과 일반인을 나누어 승차시간과 하차시간을 조사하였다. 그 결과 노인은 일반버스대비 저상버스 승차시간이 1,14초 정도 빠르게 나타났다. 일반인을 포함한 전체로써의 결과는 저상버스의 탑승이 0.52초 정도 더 빠르게 나타났다.

조영길 등(2014)은 인천 특정 지역의 중증장애인을 대상으로 저상버스 이용 실태 및 운행에 대한 요구사항에 대해 조사하였다. 대부분의 중증장애인의 경우 저상버스의 운행에 대해서 만족하지 않는 것으로 나타났으며, 개선사항으로는 운전기사의 태도와 탑승 시 불편사항에 대한 요구가 많았다.

국토교통부(2011)에서는 저상버스의 전반적인 이용실태와 만족도, 개선사항에 대해 조사를 실시하였다. 만족도 조사는 CATI(Computer Assisted Telephone Interview)방식을 이용하였고, 탑승률 조사는 면접원이 저상버스를 대상으로 주중1회, 주말1회 탑승하였다. 탑승률 조사는 권역별로 2개 노선을 정하여 총 8개 노선에 대해 조사를 실시하였고, 만족도 조사는 총 479명을 대상으로 하였다. 그 결과 주이용 교통수단의 경우 지하철이 매우 높게 나타났고, 많은 이용객들이 버스의 유형에 상관없이 버스를 이용하는 것으로 나타났다. 또한 저상버스 이용객들이 저상버스에 대해 만족하고 있으며, 저상버스의 확대를 원하고 있었다.

York et al.(1998)은 런던과 North Tyneside 지역을 대상으로 저상버스에 대해서 승객을 분류하고, 승객 면접을 통해 저상버스의 이용자입장에서 내용을 정리하였다. 저상버스 운영하는 버스 회사에 협조를 얻어 운영과 관련된 비용 정보 등을 조사하였다. 지역마다 버스의 형태가 다르기 때문에 승하차시간이 다르게 조사되었다. 교통약자 중 장애인은 일반버스보다 저상버스의 만족도가 상대적으로 높게 평가되었다. 다만 승차할 때 수평으로 놓인 핸드레일은 휠체어 승객들에게 어려움을 있었다. 일반버스

대비 저상버스의 가치는 승객 유형별로 다르며 곁을 수 있지만 장애를 갖고 있는 유형의 경우 57p/통행의 가치가 있는 것으로 나타났다.

King(1994)는 저상버스의 도입 배경과 인터뷰를 통한 저상버스에 대한 특징들에 대해 설명하고 있다. 저상버스 도입 배경으로 총 5가지를 나열하고 있는데, 모든 승객들에게 친근하고 쉽게 서비스를 제공, 미국장애인법(American with Disabilities Act)의 요구조건을 충족, 증가하는 노년인구와 이용할 수 있는 수단의 이동권을 보장, 일반버스보다 빠른 승하차시간을 배경으로 저상버스를 도입하고 있다. 저상버스의 서비스에 대하여 Michigan, Illinois, Ontario, Columbia 등에서 설문조사를 하였다. 그 결과 승객 대부분은 서비스에 만족하고 있으며, 승하차시간이 0.3초에서 6초정도 빨라졌다. 하지만 눈길에서의 문제가 생길 경우 이에 대한 대책이 없다는 점과 승객 의자수가 감소된다는 문제점이 있었다.

Levine et al.(1994)은 저상버스의 계단이 없다는 점을 통하여 정차시간의 감소에 대해 평가하였다. 자료는 Michigan의 Ann Arbor가 조사했던 자료를 분석하였다. 회귀분석을 이용하여 정차시간의 절감이 저상버스디자인에 어떤 영향을 주는지 연구하였다. 휠체어의 승하차시간을 제외하면 저상버스의 디자인은 13%에서 15%의 시간 절감효과를 있는 것으로 나타났다.

Hugo et al.(2001)은 남아프리카의 Cape Town에서 저상버스 도입에 대해 연구하였다. 저상버스의 도입으로 인한 이점들은 모든 승객들이 쉽게 승하차가 가능하다는 점, 특별한 수단이 필요한 사람들로 하여금 접근가능한 수단이라는 점, 정류장에서의 정차시간이 줄어든다는 점, 운영비가 줄어든다는 점, 오염물질이 적게 배출된다는 점이다. 초기에는 비용이 많이 들지만 남아프리카의 저상버스 도입은 다른 개발도상국의 저상버스 도입의 기준이 될 거라고 주장하고 있다.

그 외에 Balcombe et al.(2004)에서 Steer Davies Gleave(1996)의 저상버스 가치를 인용하였는데, 당시 SP조사를 통한 저상버스의 가치는

2.8p/통행이었다. 또한 Hensher et al.(2002)은 버스의 서비스에 대한 효용함수를 만들면서 여러 속성들 중 버스의 접근성에 대해 구분하여 계단이 없는 경우, 계단이 2개인 경우, 4개인 경우로 나누어 분석하였다.

철도분야에서 무장애 시설이나 추가로 편의시설에 대한 가치와 편의성에 대한 연구들을 통해 그 중요성을 유추할 수 있었다. 김혜란 등(2009)은 KTX역사를 중심으로 환승역사의 시설들과 환승 거리 등 물리적 특성에 따른 환승저항 모형을 구축하였다. 모형 구축 방법으로는 회귀모형 식을 이용했으며, 종속변수를 환승역사의 환승저항으로 하고, 설명변수를 계단과 에스컬레이터 수 편의시설 수와 환승패스의 내외부 보행거리, 택시 환승수단 더미변수로 설정하였다. 모형을 통하여 환승시 KTX역사의 외부 보행거리가 100m 증가 했을 때 통행시간은 약 2.1분 정도 늘어난 것과 같은 효과이며, 에스컬레이터 1대의 설치는 약 2.7분의 통행시간 감소 효과를 가지는 것으로 나타났다.

W.Daamen et al.(2006)은 대중교통 환승 지점을 대상으로 환승설계에 대한 평가를 위해 승객들이 어떤 환승 경로를 이용하든지 예측하였다. 독일의 2개의 역을 대상으로 925건의 통행을 분석하였다. 그 결과 많은 사람들은 짧고, 적은 시간이 걸리는 경로를 선택했으며, 계단이 승강기나 에스컬레이터보다 더 작은 가치를 갖는 것으로 나타났다. 양적인 분석을 위하여 'Relative level penalty'라는 지표를 통하여 평지에서 1초 걸을 때 계단은 1.86초, 에스컬레이터는 1.28초, 경사로는 1.37초만큼의 저항을 받는 것으로 조사되었다.

Douglas Economics(2006)에서는 철도 분야에서의 서비스 질을 경제적 관점에서 평가와 수요 탄력성에 대해서 연구하였다. 설문조사는 2005년과 2006년에 이루어졌으며 1점에서 9점까지 척도로 하여 열차와 역의 서비스 요소별 그 수준을 평가하였다. 이를 백분을 단위로 환산하여 각 서비스 요소별 통행 거리별 이용시간대별 노선 차량별로 그 수준을 나타냈다. 그 결과 전체적으로 최저 48%에서 최대 78%로 평가되었으며, 대

부분 열차유형이 60% 정도의 서비스 수준을 보이고 있었다. 열차 서비스 요소별로 서비스가 60%에서 70%로 향상되었을 경우 승하차 편의성에 대해서 0.22분과 3.2 cents만큼의 가치가 있는 것으로 분석되었다. 또한 Douglas Economics(2006)에서는 2004년과 2005년의 2,732명의 설문 을 통하여 철도의 승하차관련 평가를 했을 때 9점 만 점 중 6.3점을 차지하여 열차 서비스 속성 중 1위를 차지하였다.

Transport for London(2013)에서는 교통 분야의 사업을 위한 매뉴얼을 작성하였다. 이를 위해 사업 평가 원칙, 평가 방법 등 사업 평가를 위한 전반적인 내용을 다루고 있다. 이 중 기준이 되는 보행속도, 조사된 평균 통행 거리 등 파라미터도 제시하였다. 지하철역에서 이동할 때 기존 통행시간과 지하철을 이용하면서 겪는 통행 특성에 대해 가중치를 이용하여 일반화된 통행시간 계산방법을 마련하였다. 이를 통하여 계단을 오를 때의 가중치는 4로 평지를 걸었을 때 보다 2배정도 더 많은 가중치를 갖고 있었다.

3) 시사점 및 연구의 기여도

교통약자의 측면에서 저상버스의 도입은 굉장히 많은 의미를 가진다. 교통약자의 경우 이동에 대한 자유도가 높아지고, 통행도 쉽게 할 수 있기 때문이다. 또한 저상버스는 교통약자 뿐만 아니라 일반인들에게도 승하차시간 절감이라는 편익을 가져다주고 있다.

유니버설 디자인 측면에서 저상버스를 양적으로 평가한 사례는 매우 드물었다. 문헌고찰을 통해 유니버설 디자인은 주로 고정된 시설에 초점을 두어 그 가치가 얼마인지 평가하였다.

일반버스 대비 저상버스의 가치는 주로 해외에서 SP조사를 통해 이루어졌다. 그 결과 장애인의 경우 저상버스의 가치는 매우 높게 나왔고, 일반인의 경우 상대적으로 그 가치가 낮다는 것을 알 수가 있다.

하지만 저상버스의 도입에 대해 교통약자의 통행을 고려하여 경제적 평가한 연구는 부족하다. 본 논문에서는 여러 해외 사례의 저상버스의 가치를 통해 우리나라의 저상버스의 가치가 얼마인지 알아보고, 저상버스의 도입이 경제적으로 타당한지 그 편익에 대해 연구하고자 한다.

Ⅲ. 연구방법론 정립

1. 편익 추정의 방법

1) 편익항목의 설정

저상버스는 다른 일반버스와는 달리 승하차시 계단이 없다는 점이 가장 큰 특징이다. 저상버스가 휠체어 장애인의 이동권을 보장해줌으로써 많은 편익을 가져다주고 있을 뿐만 아니라 출입문에 계단이 없기 때문에 상대적으로 일반버스에서 승차와 하차를 할 때 보다 저상버스에서 승차와 하차가 원활히 이루어질 수 있다. 특히 기존 일반버스는 계단이 있어서 계단을 이용하는데 어려움을 겪는 승객유형은 다른 승객유형보다 더 많은 승차와 하차 시간을 절감시켜주는 효과를 가져다주었다. 빠른 승차와 하차로 인해 승차와 하차를 하는 승객뿐만 아니라 버스 안에 있는 재차인원, 버스 기사에게도 편익을 제공해준다. 보다 빠른 승하차시간은 버스 재차인원의 입장에서 정류장에 승객이 승하차로 인해 일반버스 대비 통행시간 절감 효과를 가져다주며, 운전기사에게도 같은 효과를 가져다준다.

또한 저상버스는 일반버스와 달리 자동변속기를 이용하고, 차체 경사장치 등을 갖고 있기 때문에 승객들에게 승하차 때의 편의성과 버스 안 승객들에게 편의성을 제공하고 있다.

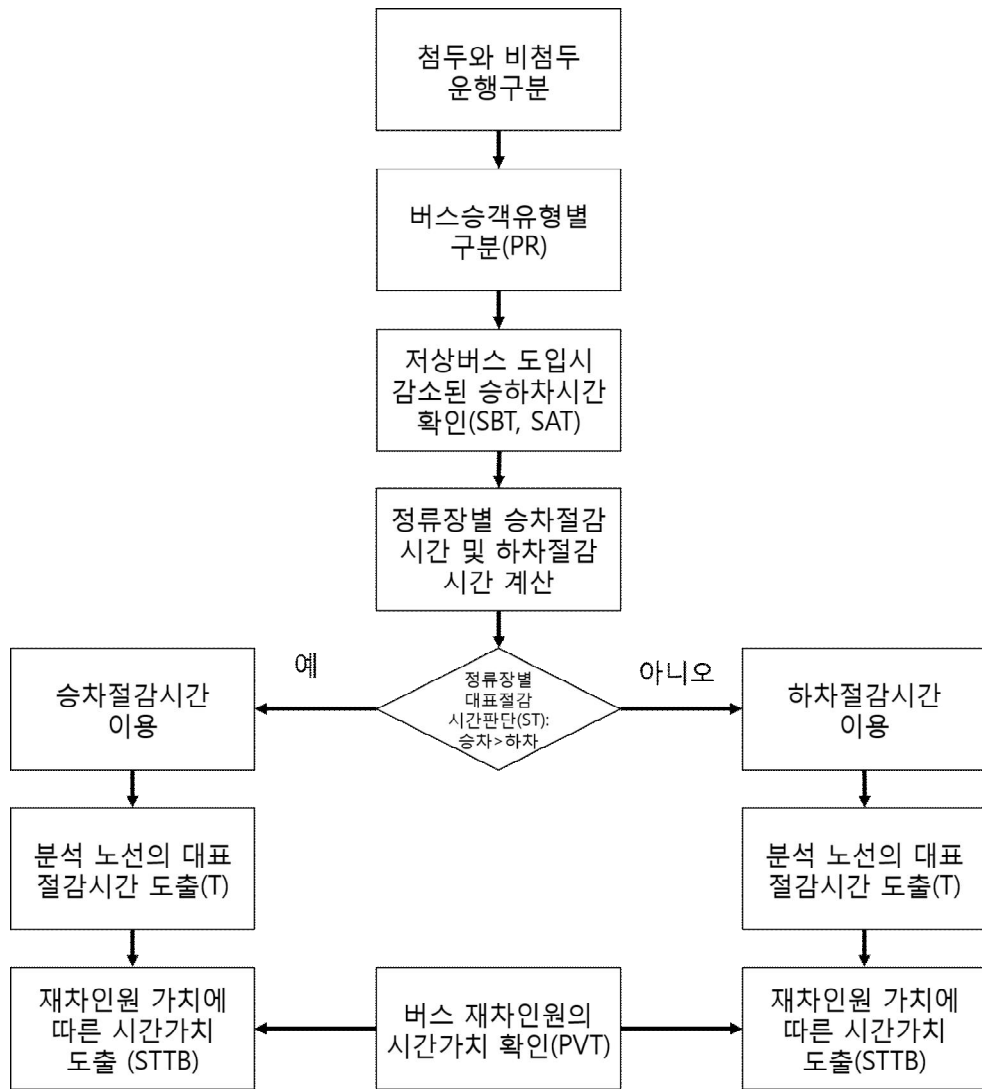
하지만 저상버스는 일반버스와 달리 복잡한 구조를 지니고 있으며, 차체 무게도 더 많이 나간다. 이에 따라 일반버스보다 저상버스를 운행하는데 더 많은 유지보수비용이 들어간다. 또한 연비도 일반버스보다 좋지 않아 연료 소모량과 유해물질도 더 많이 배출하게 된다. 이러한 점들을 감안하여 저상버스 도입에 따른 편익 항목들을 산정해보았다.

2) 편익항목별 산정 방법

편익항목은 총 7가지로 승하차시간 절감에 따른 버스 재차인원의 시간 절감 편익, 운전기사의 통행시간 절감 편익이 있다. 또한 저상버스 자체의 가치로 판단되는 편의성 향상 편익이 있다. 이 외에 부의 편익으로 운영비용인 연료비용, 타이어 비용, 정비비용이 포함된다. 이와 더불어 저상버스가 일반버스보다 연비가 더 좋지 않으므로 이에 따른 배출 오염 물질 비용의 증가도 부의 편익으로 포함된다.

(1) 버스 재차인원의 통행시간 절감 편익(Saved Travel Time Benefits - passengers)

저상버스의 가장 큰 특징 중에 하나는 일반버스와 달리 계단이 없어 승차와 하차 할 때 시간이 절감된다는 점이다. 특히 몸이 불편한 장애인이나 고령자가 저상버스를 이용할 때 그 절감되는 시간은 더 크다. 이런 점을 생각해볼 때 교통약자가 많이 이용하는 버스일수록 저상버스도입에 따른 시간절감효과는 더욱 클 것이다. 시간절감효과는 버스노선에 있는 각 정류장마다 승차 및 하차승객 수와 승객유형별 승객수에 의해 계산된다.



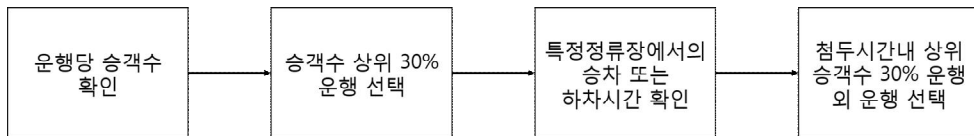
<그림 3-1> 버스 재차인원의 통행시간 절감 편익 순서도

① 첨부와 비첨두 운행구분

첨두시의 승객패턴과 비첨두시의 승객패턴이 다르기 때문에 첨두와 비첨두를 구분해준다. 버스는 지하철과 달리 도로교통상황에 따라 스케줄이

달라지기 때문에 지하철에서 제시하는 첨두시간대와는 다르게 구분한다.

첫 번째로 각 차량의 운행별로 몇 명의 승객을 태웠는지 확인한다. 운행 시간대와 앞차와의 배차간격에 따라 승객수는 다른 점을 확인할 수 있었다. 두 번째로 각 운행별로 승객수 중 상위 30%의 운행에 대해서 특정정류장의 승차 또는 하차시간을 확인한다. 여기에서 특정정류장은 노선마다 다르며 승차기준 가장 많은 승객이 탑승한 정류장을 기준으로 한다. 마지막으로 특정정류장의 승차 및 하차시간 기준으로 첨두시간을 정한다음, 승객수가 상위 30% 미만의 운행 중 첨두시간에 들어가는 운행에 대해 정리한다.



<그림 3-2> 첨두 운행구별 방법

첨두와 비첨두로 자료를 구분한 다음, 정류장별로 승차 승객수와 하차 승객수를 분류한다. 각 정류장의 승차 및 하차승객수를 승객유형별로 구별한다. 승객유형별로 구별하기 위해 버스승객 유형별 비율(PR: Passenger Ratio)을 사용한다.

통계청에서 2010년에 이루어진 인구총조사 중 가구와 가구원에 대해 표본 10%를 추출하여 개별 코드를 부여한 마이크로데이터(Microdata)를 제공하고 있다. 이 자료의 28가지 속성 중 장애와 관련된 속성은 8가지의 속성으로 구성되어있고, 아래의 표는 그 중 이동에 제약을 받는 6가지 속성들을 나타낸 것이다. 활동제약에 해당되는 당사자들이 어떤 수단을 이용하는지, 거주지가 어딘지 등 개별 단위의 여러 가지 정보를 얻을 수 있다.

버스를 이용하는 사람들 중 나이로 65세 미만과 65세 이상을 구별하

고, 활동제약과 관련된 속성인 시각, 청각 언어장애, 이동제약, 배우기 기억하기, 집중하기에 해당되는 사람들을 구별하였다.

<표 3-1> 활동제약 속성들

시각, 청각, 언어 장애	걷기, 계단 오르기 등 이동제약	정신적 질환 등 정신적 제약
배우기, 기억하기, 집중하기	옷 입기, 목욕하기, 밥먹기	장보기, 병원가기

<표 3-2> 승객유형별 비율

		65세 미만		65세 이상	
		자료수	비율(%)	자료수	비율(%)
장애	시각, 청각	132	0.5	24	0.1
	언어장애				
	이동제약	267	0.9	74	0.3
	배우기, 기억하기, 집중하기	77	0.3	11	0.0
	전체	541	1.6	109	0.4
	비장애	28,159	96.2	514	1.8
	합	28,635	97.9	623	2.1

이 비율을 토대로 전체 승객을 본 논문에서 구별한 형식으로 나눈다. 년도별로 승객유형별 비율은 노인인구의 증가에 따라 그 비율이 증가한다는 것을 가정한다.

<표 3-3> 연도별 승객유형별 비율 변화(단위: %)

	PR_1	PR_2	PR_3	PR_4
2014	1.60	96.20	0.40	1.80
2015	1.60	96.10	0.42	1.89
2016	1.60	96.00	0.44	1.97
2017	1.59	95.90	0.46	2.05
2018	1.59	95.79	0.48	2.14
2019	1.59	95.67	0.50	2.24
2020	1.59	95.53	0.52	2.36
2021	1.59	95.38	0.55	2.48
2022	1.58	95.24	0.58	2.60
2023	1.58	95.08	0.61	2.73
2024	1.58	94.92	0.64	2.86
2025	1.58	94.76	0.67	3.00

여기서 PR_1 는 65세 미만 장애 승객, PR_2 는 65세 미만 비장애승객, PR_3 는 65세 이상 장애승객, PR_4 는 65세 이상 비장애승객을 나타낸다.

각 정류장에서 승차와 하차를 구별하기 위해 i 번째 정류장에서 승차인원을 n^i , 하차정류장 j 에서 하차인원을 m^j 이라고 하면 아래의 표처럼 정리할 수 있다.

<표 3-4> 승객유형별 승차 및 하차인원 분류

	65세 미만		65세 이상	
	승차	하차	승차	하차
장애	$PR_1(n^i) = B_1^i$	$PR_1(m^j) = A_1^j$	$PR_3(n^i) = B_3^i$	$PR_3(m^j) = A_3^j$
비장애	$PR_2(n^i) = B_2^i$	$PR_2(m^j) = A_2^j$	$PR_4(n^i) = B_4^i$	$PR_4(m^j) = A_4^j$

여기서 B_1^i 은 i 번째 정류장에서 65세 미만의 장애인 승차승객의 수, B_2^i 은 i 번째 정류장에서 65세 미만의 비장애인 승차승객의 수, B_3^i 은 i 번째 정류장에서 65세 이상의 장애인 승차승객의 수, B_4^i 은 i 번째 정류장에

서 65세 이상의 비장애인 승차승객의 수, A_1^j 은 j 번째 정류장에서 65세 미만의 장애인 하차승객의 수, A_2^j 은 j 번째 정류장에서 65세 미만의 비장애인 하차승객의 수, A_3^j 은 j 번째 정류장에서 65세 이상의 장애인 하차승객의 수, A_4^j 은 j 번째 정류장에서 65세 이상의 비장애인 하차승객의 수이다.

② 저상버스 도입시 감소된 승하차시간 확인

일반버스에 대비하여 저상버스와의 가장 큰 차이점은 계단이 없다는 점인데, 실제 승하차시간 조사 자료에서 그 차이점을 확인할 수 있다. 본 논문에서 분류한 승객유형대로 승하차절감시간을 알기위해 2가지 논문 및 보고서 자료를 이용하였다. 첫 번째 자료는 국내에서 조사된 자료로써 실제 버스를 직접 탑승하여 65세 이상 노인과 일반인을 구별하여 승하차시간을 비교한 자료를 이용하였다. 65세 고령자와 일반인을 비교해봤을 때는 커다란 차이점이 보이지는 않지만 대체적으로 고령자가 저상버스를 타고 내릴 때에는 좀 더 큰 승하차시간에 대해 차이를 보이고 있다.

<표 3-5> 일반버스와 저상버스의 승하차시간

	승하차 구분	버스 유형	N	평균(초)	표준편차	평균의 표준오차
전체	승차	저상	429	1.9325	.45479	.02196
		일반	408	2.7290	.55511	.02748
	하차	저상	419	1.5278	.29730	.01452
		일반	309	2.0446	.44412	.02526
65세 이상	승차	저상	55	1.9944	.34547	.04658
		일반	107	3.1369	.54445	.05263
	하차	저상	78	1.5874	.28678	.03247
		일반	90	2.4410	.53113	.05599

출처: 김지영 외 2명(2008), 교통약자를 위한 저상버스도입의 효과에 대한 연구. 대한토목학회 논문집, pp.32-33.

두 번째 자료는 I.York et. al(1998)로 London과 North Tyneside 시의 승하차시간을 비교한 것이다. 다양한 승객유형 분류를 통해 각 군별로 비교하였으며, 조사 자료가 적어 유효하지 않거나 조사되지 않은 자료의 경우 빈칸으로 두었다. 이 자료를 통해 이용할 승하차시간자료는 장애와 관련된 자료이며 자세한 내용은 아래의 표와 같다.

<표 3-6> 승객유형별 추가승차시간(초)

승객 유형		런던		North Tyneside	
		Double-deck	저상	Double-deck	저상
평균 인당 승차 시간	제약이 없는 노약자	0.45	0.61		
	어린이	1.40			
	제약이 있는 성인	0.85	1.30	3.74	
	제약이 있는 성인과 어린이	2.71	3.23		
	제약이 있는 노약자		0.93	0	2.04
	걸을 수 있는 성인 장애인	7.22	3.90		3.59
	걸을 수 있는 장애 노약자	3.59	2.49	4.99	3.71
추가 시간	유모차(접는시간/안접는시간)				4.39
	접는 유모차	5.74			
	안 접은 유모차				
	쇼핑 카트	4.69	1.66		4.16

출처: York et. al(1998), Evaluation of low-floor bus trials in London and North Tyneside, TRL Report 271, p.34.

<표 3-7> 승객유형별 추가하차시간(초)

승객 유형		런던		North Tyneside	
		Double-deck	저상	Double-deck	저상
평균 인당 하차 시간	제약이 없는 성인	1.12	1.05	1.08	0.95
	제약이 없는 노약자	1.58	1.53	1.52	1.42
	어린이	1.94	1.87	1.47	1.04
	제약이 있는 성인	1.81	1.82		1.54
	제약이 있는 성인과 어린이	4.41	3.19		
	제약이 있는 노약자	2.18	3.93		3.66
	걸을 수 있는 어른 장애인	3.82	2.84	1.03	1.85
	걸을 수 있는 장애 노약자	2.75	3.40	2.60	3.51
추가 시간	유모차(접는시간/안접는시간)				2.22
	접는 유모차	2.73			
	안 접은 유모차	7.59	1.18		
	쇼핑 카트	1.41	1.40		
	일시적인 장애	4.58			

출처: York et. al(1998), Evaluation of low-floor bus trials in London and North Tyneside, TRL Report 271, p.34.

이 자료들을 종합하여 승차절감시간(SBT, Saved Boarding Time)과 하차절감시간(SAT, Saved Alighting Time)을 정리한다. 승차절감시간은 일반버스의 탑승시간과 저상버스의 탑승시간의 차이이고, 하차절감시간은 일반버스의 하차시간과 저상버스의 하차시간의 차이이다. 하지만 본 논문에서는 I York et. al(1998)의 조사된 장애인의 표본이 매우 적기 때문에 장애인 고령자와 일반 장애인 구분 없이 평균값을 내어 이용하였다. 따라서 최종적으로 승객유형별 일반버스 대신 저상버스를 도입했을 때 승하차시 절감되는 시간은 아래 표와 같다.

<표 3-8> 승객유형별 승하차시간 차이(초)

	65세 미만		65세 이상	
	승차	하차	승차	하차
장애	$SBT_1=2.21$	$SA T_1=0.82$	$SBT_3=2.21$	$SA T_3=0.82$
비장애	$SBT_2=0.8$	$SA T_2=0.5$	$SBT_4=1.1$	$SA T_4=0.9$

③ 정류장별 승차절감시간 및 하차절감시간 계산

각 정류장별 절감시간을 알아내기 위해 아래의 표처럼 승차 또는 하차절감시간에 각 정류장별 승하차인원을 곱한다. 이 값은 승객유형별로 달라지며 정류장의 승하차 승객수가 많을수록 절감시간은 더 커진다.

<표 3-9> 승객유형별 승차 및 하차인원 분류

	65세 미만		65세 이상	
	승차	하차	승차	하차
장애	$ST_1 = B_1^i * SBT_1$	$ST_1 = A_1^j * SA T_1$	$ST_3 = B_3^i * SBT_3$	$ST_3 = A_3^j * SA T_3$
비장애	$ST_2 = B_2^i * SBT_2$	$ST_2 = A_2^j * SA T_2$	$ST_4 = B_4^i * SBT_4$	$ST_4 = A_4^j * SA T_4$

각 정류장별로 승차로 인한 절감시간과, 하차로 인한 절감시간을 비교하여 더 큰 값을 해당정류장의 절감시간(ST^i , Saved Time) 정한다.

④ 분석 노선의 대표절감시간 도출

각 정류장에서 저상버스 도입으로 인한 절감시간으로 각 승객단위별 절감시간을 구한다. 이 때 승차정류장과 하차정류장이 같은 통행과 승차 후 바로 다음정류장에 하차한 통행은 제외한다. 그 이유는 재차인원은 차량에 탑승한 인원으로서 최소한 1곳의 정류장을 통과해야 절감효과가 나타나기 때문이다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$T_d = \sum_{k=i}^{j-1} ST^i$$

여기서 T_d 은 통행별 저장버스로 인한 절감시간(초)이고, i 는 승차정류장, j 는 하차정류장을 말한다.

각 통행단위로 절감시간을 구한 다음, 유효한 자료수로 나누어 노선을 대표하는 절감시간을 계산한다.

$$T = \frac{\sum_{l=1}^n T_l}{n}$$

여기서 T 는 노선을 대표하는 절감시간(초)이고, n 은 유효한 통행수이다.

⑤ 버스 재차인원의 시간가치 계산

노선을 대표하는 절감시간을 구한다음, 재차인원의 가치(PVT , Passenger Value of Time)를 이용하여 최종적인 재차인원의 저장버스 도입으로 인한 가치를 계산한다. 재차인원의 가치는 수도권 버스 이용객의 시간가치를 이용하며 2006년 기준 승객당 시간가치는 3,646원/인*시였다.¹¹⁾ 이를 물가상승률을 반영하여 2014년의 가치로 환산하면 아래의 표와 같다.

11) 전계서, 김강수 등(2008), p.334

버스 승객을 대상으로 업무 통행 재차인원은 0.466명이고, 시간가치는 8,680원/대*시이고, 비업무 통행에 대한 재차인원은 11.49명이며, 시간 가치는 34,884원/대*시이다. 이를 종합하여 승객당 시간가치를 계산하면 3,646원/인*시이다.

<표 3-10> 물가상승률에 따른 재차인원의 시간가치 환산

년도	물가상승률(%)	시간가치 환산(원/인*시)
2007	2.5	3,737.15
2008	4.7	3,912.80
2009	2.8	4,022.35
2010	3	4,143.02
2011	4	4,308.75
2012	2.2	4,403.54
2013	1.3	4,460.78
2014	1.3	4,518.77

마지막으로 차량수를 확인하여 노선 하루 운행할 때 얻는 편익 (*STTB*, Saved Travel Time Benefits)을 계산한다.

$$STTB - P = T * PVT * n / V$$

여기서 *STTB - P*는 노선 하루 운행할 때 얻는 재차인원의 편익(원/일)이고, *PVT*는 재차인원의 시간가치(원/초), *n*은 유효한 통행자료의 수(통행), *V*는 해당노선의 차량수(대)을 말한다.

승하차의 가치관련 편의시설의 가치를 살펴보면 아래의 표와 같다. 본 논문을 통해 분석된 가치에 비해 낮지만 이와 비슷한 가치를 나타내고 있는 것도 있다. 하지만 분석대상 시설이 지하철이고, 상황이 다르기 때문에 직접적인 비교가 어렵다.

<표 3-11> 기존 문헌의 승객유형별 승하차 가치

인용문헌	TfL(2013) ¹²⁾				Douglas Economics (2006) ¹³⁾
승객 및 승하차 유형	승차-일반	승차-고령	하차-일반	하차-고령	
가치(원)	4.02	5.52	1.57	2.82	30.97

이렇게 계산된 버스 재차인원의 통행시간 절감 편익은 초단위로 이루어지는 승하차 절감시간과 각 정류장의 승하차인원에 따라 달라진다. 절감되는 통행시간은 각 개인의 통행이 길어질수록 그 시간이 길어지게 된다. 하지만 서울의 경우 평균적으로 간선버스의 경우 16분, 지선버스의 경우 12분정도로 버스를 이용하는 것으로 조사가 되었다.¹⁴⁾ 따라서 해당 절감시간은 매우 적을 것이라 예상되며, 그 가치도 낮을 것이다.

적은 절감시간에 대해 해외 사례들을 살펴보면 많은 나라들이 시간이 적더라도 기존에 이용하던 가치를 이용하는 것으로 나타났다. 먼저 캐나다는 5분 이하의 편도 통행 시간 절감에 대해서 적은 시간 절감이라고 그 범위를 정하였다. 따로 그 가치에 구분하지는 않았지만 명백하게 적은 통행 시간 차이점에 대해서는 구체화할 것을 권고하고 있다.

독일은 비 상업통행에서 어떤 임계값 이하의 통행시간 감소는 사람들이 잘 인지하지 못 하는 것으로 나타났다. 따라서 해당 범위의 통행시간 감소에 대하여 통행 비용 단위의 30% 절감된 가치를 사용하도록 권

12) Transport for London(2013), “Business Case Development Manual”, p. E-8 중 표 E-5이용

계단을 올라갈 때 가중치인 4.0과 내려갈 때 가중치인 2.5를 이용하여 계산한다. 가중치에 *PVT*와 *SBT* 또는 *SAT*를 곱하여 승객 유형별 승차 또는 하차의 가치를 계산

13) Douglas Economics(2006), “Value and Demand Effect of Rail Service Attributes”, p.38, 표 6.6 이용

열차의 서비스 질이 60%에서 70% 상승할 때 서비스 속성 중 열차 승차의 개선은 3.2cents만큼 가치가 있는 것으로 나타났다. 이를 호주의 2006년부터 2014년까지 물가 상승률(약 18.7%)과 2014년 당시 환율(약 938.64원/AUD)를 이용

14) 교통안전공단 대중교통 현황정보, 2015년 수단별 수단통행시간, <https://goo.gl/x8oaZ9>

고하고 있다. 하지만 구체적으로 임계값이 어떤 값인지는 불분명하다.

미국은 적은 시간 절감에 대해 낮은 가치를 이용하는 근거가 부족하기 때문에 절감된 시간에 상관없이 동일한 가치를 이용하는 것으로 결정하였다. 아직까지 적은 시간에 대해서 더 낮은 가치를 이용하자는 주장은 약하다. 더 낮은 가치를 이용했을 경우 예상되는 통행 회수에 따른 가치 감소와 그 변동성에 대해 혼란이 있을 것이고, 몇몇 사람들에게는 예측된 적은 시간이라도 효율적으로 이용할 수 있기 때문이다. Gellman 연구 연합은 적은 시간 절감에 대해 적은 시간가치를 이용하는 것에 대해 더 이상 신뢰할 수 없다고 주장하였다.

호주는 아직까지 구체적으로 언급되어 있는 가이드라인은 없었다. 다만 『교통 경제학』(BTE, 1982)에 따르면, 도로 프로젝트 평가에서 적은 시간 절감에 대해 배제하거나 분리되어 다루는 것에 대해 많은 주에서 거절되었다.

덴마크는 짧은 거리 통행이나 긴 거리 통행에 대해 차이를 두지 않고 있다. 시간절감의 크기와 부호에 따라 연구 권고사항을 통해 시간 변화의 방향성에 의해 독립적인 가치를 사용하도록 되어있다. 그러나 표준의 가치는 일정한 가치를 결정하는데 이용되어졌던 시간 변화의 크기를 위해 선택되어져야 한다. 결국 10분의 가치에 해당되는 것을 이용하는 것으로 선택되었다.

영국은 기존 가치를 그대로 이용하지만 절감시간의 크기에 따라 6개의 범주로 나눈다. 유럽연합에서는 국가 단위의 시간가치를 추정한다. 많은 학자들이 동일한 시간가치 단위의 사용에 대해 반하는 주장을 한다. 하지만 HEATCO(Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment)에서 적은 시간 절감의 크기에 비해 측정오차가 더 클 우려가 있다는 것을 인지하였다. 그들은 3분 이내의 절감시간을 별도로 경제적 편익을 도출한다. 이를 표로 정리하면 아래와 같다.

<표 3-12> 적은 절감 시간에 대한 가치에 대한 분석 방법

		동등한 가치, 특별한 조치 없음	동등한 가치, 절감된 시간과 분리	작은 단위 가치	0
방법론	선호 선택	덴마크, 미국, 호주, 프랑스, 스웨덴	영국 EU	독일	
	임금 비용				캐나다

출처: Daly et al.(2011), "The Value of Small Time Savings for Non-business Travel", Journal of Transport Economics and Policy, p.7.

표 3-12처럼 일부 나라에서는 다른 가치의 값을 사용하지만 아직 대부분의 국가에서 특별히 자세히 연구된 바가 아직은 없고, 다른 가치의 이용에 대해서도 별 다른 차이가 없었다. 이에 따라 본 논문에서 가치도 적은 절감시간에 대해 다른 가치를 이용하지 않는다.

(2) 버스 운전기사의 운행시간 절감 편익(Saved Travel Time Benefits - driver)

저상버스를 도입하면 버스 운전기사도 더불어 편익을 가져다준다. 버스 운전기사는 버스 1대당 운전기사 2.15명이 담당하여 운행하는데, 주 40시간제를 채택하는데 부족한 인원이다. 근무는 1일 2교대로 4시 10분 또는 4시 30분에 시작하여 하루 4~6회 정도 운행을 한다. 그 다음 근무자는 교통상황에 따라 교대시간이 달라진다.¹⁵⁾

버스 운전기사의 휴식시간은 교통상황에 따라 달라진다. 특히 출퇴근

15) 노진귀, 박용철(2013), 운수산업 작업장 규칙 형성실태 연구 - 버스, 택시, 도시철도, 철도, 한국노총 중앙연구원, p. 97

시간에는 쉬는 시간이 없을 때도 있다. 또한 버스회사에서는 하루 운행 횟수를 막차시간에 맞춰 운행횟수를 채워야한다. 차가 밀려 막차 시간에 다다르면 기사들은 짧은 배차간격을 갖고 운행을 해야 하기 때문에 짧은 쉬는 시간을 가진 뒤 바로 운행한다. 휴식시간에도 버스기사들은 휴게실에서 휴식을 취하기도 하지만 차내 청소를 할 때도 있다. 이런 버스 운전기사의 근로조건은 휴식시간은 충분히 가진다고 말하기 어렵다. 따라서 버스운전기사의 운행시간 절감 편익을 통해서 기사들의 휴식시간이 늘어나게 되면 근로여건이 개선되고 좀 더 나은 서비스가 제공이 가능할 것이다.

기술적으로 저상버스는 자동변속기를 이용하기 때문에 이에 따른 승차감 향상에 따른 편익 등을 고려할 수 있지만 본 논문에서는 승하차시간 절감에 의한 운행시간 절감 편익을 도출한다. 버스 운전기사의 운행시간 감소편익은 아래의 식처럼 노선의 모든 정류장에서의 절감시간을 합한 값이다.

$$T_o = \sum_{k=1}^m ST^k$$

여기서 T_o 는 1회 운행에 따른 운전기사의 총 절감시간(초)이고, m 은 노선의 총 정류장 수이다.

버스운전기사의 시간가치(DVT , Driver Value of Time)은 버스 운전자의 시간가치인 10,228 원/인·시간을 이용하였다.¹⁶⁾ 이 때 버스 운전자의 임금은 시간이 지나도 변하지 않는 것을 가정으로 한다.

최종적으로 버스운전기사의 시간가치와 1회 운행할 때 절감된 시간과의 곱을 저상버스 도입으로 인한 운전기사의 편익이다.

16) 전계서, 김강주 등(2008), p.330

$$STTB-D = T_o * DVT * \frac{C}{V}$$

여기서 $STTB-D$ 는 노선 하루 운행할 때 얻는 운전기사의 편익(원/일)이고, DVT 는 운전기사의 시간가치(원/초), T_o 은 1회 운행에 따른 운전기사의 총 절감시간(초), C 는 버스 운행횟수(회)를 말한다.

(3) 편의성 향상 편익(Comfort Improvement Benefit)

편의성 향상 편익은 승하차 시간외에 저상버스가 가져다주는 편익을 말한다. 저상버스는 일반버스와 달리 계단이 없고, 일반버스의 수동변속기 대신 자동변속기로 변속하기 때문에 저상버스를 이용하는 승객들에게 승하차할 때뿐만 아니라 버스 안에서도 더 편안하게 버스를 이용할 수 있다. 편의성 향상 편익은 일반버스에 대비하여 승객들이 느끼는 저상버스의 편의성에 대한 경제적 가치이다. 승객유형마다 저상버스도입으로 인해 느끼는 가치는 다르며, 그 차이는 ‘불편함’이라는 척도에 따라 달라진다. 따라서 일반버스를 승차시 불편함을 많이 느끼는 승객유형이 저상버스 승차시 더 높은 가치로 분석한다.

승객유형별 1회 운행할 때 승객유형별 총 승차인원과 승객이 갖는 가치를 곱하여 편의성 향상편익이 계산되며 아래의 식과 같이 표현된다.

<표 3-13> 승객유형별 저상버스 가치

	65세 미만	65세 이상
장애	$CIB_1 = B_1 * VLB_1$	$CIB_3 = B_3 * VLB_3$
비장애	$CIB_2 = B_2 * VLB_2$	$CIB_4 = B_4 * VLB_4$

여기서 CIB_i 는 각 승객유형별 편의성 향상 편익을 나타내고, B_i 는 1회 운행할 때 각 승객유형별 탑승인원, VLB_i 는 일반버스 대비 저상버스의

편의성 향상에 의한 가치이다.

편의성향상편익은 각 승객유형별 CIB 를 합해서 구한다.

$$CIB = \sum_{i=1}^4 CIB_i$$

(4) 버스 운영비용(연료비용, 타이어비용, 정비비용)¹⁷⁾

버스를 운행하기 위해서는 유지보수와 연료가 필요하다. 특히나 저상 버스는 자동변속기로써 좀 더 많은 연료가 소비가 되고, 일반버스와 다른 구조이기 때문에 정비도 더 어려워진다. 따라서 이에 따른 비용을 고려할 필요가 있다.

연료비용은 저상버스와 일반버스 연비 자료를 이용한다. 저상버스의 연비는 $1.65\text{km}/\text{m}^3$, 일반버스의 연비는 $2\text{km}/\text{m}^3$ 으로 일반버스가 더 연비가 우수하다. 그 이유는 일반버스의 경우 수동변속차량으로 연비가 더 우수하기 때문이다.¹⁸⁾

좀 더 정확한 연료비용을 알기 위해 천연가스를 수송용으로 이용할 때 포함되는 조세 항목과 2014년 1월 1일 기준 수송용 요금을 분석하였다. 수송용 요금은 약 22.82원/MJ이고, 1m^3 가 43.543MJ이므로 연료요금은 약 993.74원/ m^3 이다.¹⁹⁾ CNG 요금에 포함된 조세 항목은 아래의 표와 같고, 세액은 66원/kg이다.

17) 전계서, 김강수 등(2008), pp. 313-326

해당 자료에서는 유류비를 포함하여 감각상각비, 엔진오일비 등 세부적인 자료를 제시하였지만 한계상 본 논문에서는 연료비용, 타이어비용, 정비비용만을 분석한다.

18) 서울특별시(2013), 「2014년 시내버스 표준원가에 따른 운송비용 정산지침」, pp. 9-10

19) 서울도시가스 홈페이지 중 가스요금표 참조, <http://www.seoulgas.co.kr/>

<표 3-14> CNG 조세 항목

조세명	근거법	세율	kg당 세액
개별소비세	개별소비세법 제1조 4항	kg당 60원	60원
부가가치세	부가가치세법 제29, 30조	개별소비세의 10%	6원
계			66원

천연가스 kg당 1.254m³임을 감안하면, 그 세금은 약 52.63원/m³이다. 따라서 세금을 제외한 연료요금은 약 941.11원/m³이 된다. 이 연료요금과 연비를 이용하여 km당 연료요금은 저상버스의 경우 570.37원, 일반버스의 경우 470.56원이 된다.

정비비용과 타이어비용은 아래의 표와 같이 차이가 존재한다. 단위가 거리 단위이기 때문에 해당 비용은 운행횟수와 노선길이에 비례하여 그 비용이 달라질 것이다.

<표 3-15> 일반버스와 저상버스의 타이어비와 정비비

항목	일반	저상
타이어비	16.129원/km	18.767원/km
정비비	40.067원/km	52.087원/km

출처: 서울특별시.(2014), “2014년 시내버스 표준원가에 따른 운송비용 정산지침”, 서울특별시, p.9

(5) 대기오염물질의 증가

저상버스의 연비가 더 안 좋기 때문에 일반버스보다 더 많은 연료소모로 이어진다. 연료소모로 인해 대기오염물질 배출은 저상버스가 일반버스보다 더 많이 내뿜는다. 아래의 표는 일반버스의 주행거리당 오염물질 배출 평균값을 이용하여 저상버스의 주행거리당 오염물질 배출을 산출하였다.

<표 3-16> 주행거리(km) 당 오염물질 배출량의 평균값

	CO (g/km)	THC(g/km)		NO _x (g/km)	입자개수 (개/km)	VOC (mg/km)	CO ₂ (g/km)
		NMHC	CH ₄				
일반 버스	0.0587	0.8223	7.4005	3.6246	2.36E+11	3.68	721
저상 버스	0.07	1.00	8.97	4.39	28606060606 0.61	4.46	873.94

출처: 강성인 외(2012), 「경유 버스 및 CNG 버스 환경 경제성 분석을 통한 CNG 버스 보급정책 타당성 조사 연구」, 한국환경정책 평가연구원, p.75.

그 다음으로 대기오염물질이 갖는 가치는 각 대기오염 종류별로 그 가치를 조사하였다. 이중 미세먼지 입자개수는 표 3-17에 제시된 단위와는 다르기 때문에 분석에서 제외하였다. 물가상승률을 고려하여 대기오염비용 원단위를 2007년에서 2014년의 가치로 환산하였다.

<표 3-17> 대기오염비용 원단위

오염물질	CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
2007년 비용 (원/kg)	7,877	9,155	9,477	30,941	42.4
2014년 비용 (원/kg)	9,762.59	11,346.51	11,745.59	38,347.61	52.55

출처: 전계서, 김강수 등(2008), p.354.

2. 편익 추정을 위한 지표를 통한 회귀분석

1) 개요 및 목적

회귀분석은 독립변수와 종속변수간의 관계를 설명하기 위한 통계적 기법 중 하나이다. 본 논문에서 회귀분석을 하는 목적은 서울 전체 노선을 대상으로 저상버스 도입에 대한 경제적 분석을 위해서이다. 전체 노선을 대상으로 편익분석을 하는데 자료와 시간상 한계가 있기 때문에 각 편익항목을 대체할 수 있는 3가지 지표를 통해 회귀분석을 실시한다.

그 결과를 분석대상 노선을 유형별로 분석하며, 노선 유형은 간선, 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선, 기타 지선노선으로 분류한다.²⁰⁾ 노선 유형별로 지표별 기본통계량, 회귀분석 기본 가정들 검정, 회귀분석 결과를 제시하여 각 노선유형별 저상버스 도입시 경제적 특성을 대략적으로 확인할 것이다.

2) 지표별 특성

서울 전체 노선을 대상으로 간략하게 저상버스의 경제적 타당성을 알아보기 위해 3가지 지표를 이용한다. 첫 번째는 대-km당 승차인원 지표로써 총 탑승인원을 운행횟수와 거리로 나눈 것으로 단위는 ‘인/대-km’인 지표이다. 이 지표는 편익 항목 중 편의성 향상 편익과 관련된 지표이다. 버스 한 대당 얼마나 많은 사람들이 이용했는지 확인할 수 있다. 단순히 한 노선에 승객이 몇 명이 이용했는지 알 수도 있지만 이 지표를 통해 버스노선의 효율성도 확인할 수 있다.

두 번째는 대당 하루운행거리이다. 대당 하루운행거리는 노선길이와 해당 노선의 총 운행횟수를 곱한 다음에 총 차량수를 나눈 지표로써 단

20) 자세한 노선 분류에 대해서는 6장 연구방법론 적용 중 ‘1-2) 편익의 추정 결과’를 참고

위는 'km/대'이다. 버스의 운행거리는 노선 길이, 운행 횟수에 따라 달라진다. 노선이 짧더라도 운행횟수가 많으면 그 만큼 하루운행거리도 길어지게 된다. 이 지표는 타이어 비용, 연료비용, 정비비용 등 운영비용과 연관된다. 운영비용은 한 대의 차량이 운행한 거리에 따라 달라지기 때문에 이 지표가 직접적 연관성을 가진다.

세 번째는 평균탑승거리이다. 평균탑승거리는 각 승객별 이동거리의 합을 총 승객수로 나눈 값으로써 단위는 'km/인'이다. 평균탑승거리는 각 승객마다 얼마큼 버스를 이용했는지 알 수 있는 지표이다. 하지만 서울에서는 버스를 1회만 이용할 경우 하차태그를 할 필요가 없어 어디서 하차했는지 알 수 없는 경우도 발생한다. 따라서 평균탑승거리를 계산할 때에는 하차관련 정보가 없는 경우를 제외하고 각 노선별 평균거리를 도출하였다. 평균탑승거리는 편익 항목 중 재차인원 편익과 연관성이 높다. 버스 재차인원의 통행시간 절감 편익 중 재차인원에 대한 편익은 버스승객이 버스를 오랫동안 이용할수록 일반버스대비 저상버스 도입으로 인해 절감시간은 더 차이가 벌어지기 때문에 더 크게 분석된다. 따라서 실제 각 통행 단위의 평균탑승거리 지표를 통해 재차인원 편익을 가늠할 수 있다.

이 3가지 지표 중 대-km당 승차인원 지표를 종속변수로 하고, 나머지 평균탑승거리와 대당 하루운행거리를 설명변수로 한다. 대-km당 승차인원은 편익분석시 가장 크게 영향을 주는 편익성 향상 편익과 관련된 지표이다. 따라서 서울 전체 노선에 대해서 편익분석은 못 하지만 설명변수인 평균탑승거리와 대당 하루 운행거리와 함께 대략적인 편익의 정도는 유추할 수 있다.

3) 회귀분석 이론

회귀분석은 설명변수를 통해 종속변수를 설명하기 위한 방법으로 많은 사회과학 분야에서 쓰여 지고 있다. 그 중 2개 이상의 설명변수를 이용하여 종속변수를 설명하는 회귀분석을 다중 회귀분석이라고 한다. 다중 회귀분석에 기본식은 아래와 같다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k + e$$

여기서 Y 는 종속변수, β_0 는 상수, X_k 는 설명변수, β_k 는 설명변수의 계수, e 는 잔차이다. 잔차가 발생하는 이유는 종속변수를 설명하는데, 완벽히 설명되기는 어렵기 때문이다. 그래서 회귀모델은 잔차를 잘 설명할 수 있도록 설명변수를 잘 선정하는 것이 중요하다.

회귀모델이 도출되면 R^2 를 통해 종속변수를 얼마나 잘 설명해주고 있는지 판단할 수 있다. 하지만 R^2 가 높다고 해서 좋은 회귀모델은 아니다. 만약 설명변수의 계수인 β 가 t검정에 의해 유의하지 않게 되었다면 자료를 확인하고 새로운 회귀모델을 만들어야 한다.

회귀분석이 중요한 점 중 하나가 이상치와 영향력이 있는 자료들을 확인하는 작업이 필요하다. 영향력이 있거나 이상치가 있는 자료로 인해 회귀모델이 왜곡되어 분석이 될 수 있다. 따라서 표준화된 잔차가 매우 크거나 Leverage 값, Cook 값이 큰 자료의 경우에는 제외한 다음에 분석해야 한다.

IV. 자료의 구축

1. 불편함 지표

1) 개요

불편함은 버스를 탑승할 때의 불편함을 척도로 나타낸 것이다. 또한 버스의 유형과 버스 이용자의 몸의 불편함의 정도에 따라 달라진다. 이 불편함은 버스의 승차감과 별개의 문제이며, 승차하면서 느끼는 불편함의 척도를 말한다.

<표 4-1> 불편함 정도의 계산 방법

버스 승차시 불편한 점	척도 점수				
	1	2	3	4	5
보행능력					
보행 보조기구					
무거운 짐이나 유모차 등을 곁함					

이를 버스 이용자 유형별로 나누어 분석하였다. 불편함의 지표를 이용하여 가치를 추정하게 되는데 이 때 필요한 승객유형은 총 6가지로 분류가 된다. 이 중 4가지 승객유형인 장애인, 비장애인, 고령자, 장애를 갖고 있는 고령자는 이번 논문에서의 분석을 위한 승객유형이고, 나머지 2가지 승객유형인 걸을 수 있는 장애인, 짐이나 유모차를 갖고 버스를 탑승하는 승객유형은 기존 문헌에 언급된 승객유형으로서 본 논문에서 분류한 승객유형의 통행 가치를 구하기 위해 필요한 승객유형이다.

6가지 승객유형의 불편함의 지표를 구한 다음 승객유형별 불편함 지표와 기존 문헌에 따른 가치를 보간법을 이용하여 고령자, 고령 장애인,

장애인의 저상버스 통행가치를 계산한다.

2) 세부기준

승객 유형별로 느끼는 버스의 가치는 다르며, 특히 버스의 종류에 따라 그 정도는 다르다. 이에 ‘불편함’이라는 지표를 통해 그 정도를 알아보고자 한다. ‘불편함’이라는 척도는 세 가지 기준에 의하여 정량적으로 판단된다.

첫 번째는 보행능력이다. 보행능력은 Danneskiold-Samsøe et al.(2009)에 의하면 나이에 들수록 근력감소로 인해 보행능력과 일상생활의 능력이 떨어진다고는 것을 확인하였다. 특히 당뇨, 폐질환, 심장질환, 관절염 등의 만성질환을 갖게 되면 다른 질병이 없는 사람들보다 걷는데 상대적으로 더 많은 어려움을 겪는다.²¹⁾

두 번째는 보행 보조기구의 의존성이다. 보행보조기구는 일어서서 걸을 수 있지만 쉽게 넘어지거나 심신기능이 저하된 사람들에게 일상생활을 영위할 수 있는 용품들을 말한다.²²⁾ 주로 보행훈련과 보행의 자립도 향상 등의 목적으로 이용되고 있다.

21)Danneskiold-Samsøe et al(2009), Isokinetic and isometric muscle in a healthy population with special reference to age and gender, Acta Physiological 197(s673), pp. 1-68.

22)이지수(2015), 인간공학 측면을 고려한 의료용 보행보조기 디자인에 관한 연구, 동명대학교, p.43.



출처: G마켓, [케어맥스] 실버보행기/노인보행기/보행차/노인유모차/할머니, <https://goo.gl/5wPCa2>

<그림 4-1> 보행기 및 보행차



출처: 네이버 지식백과, 보행보조기, <https://goo.gl/F0OotK>

<그림 4-2> 보행보조기

세 번째는 무거운 짐이나 유모차가 있는 경우이다. 무거운 짐이나 유모차를 갖고 일반버스를 탈 때에는 계단을 오르고 내리기가 어려워 승하차시간이 길어진다. 이를 감안하여 ‘불편함’ 지수를 선택한다.

‘불편함’ 지수는 아무런 제약이 없는 65세 미만이면서 비장애인 사람을 아래의 표와 같이 각 기준 항목별로 최소 점수인 1점만을 부여하여 최소 점수를 3점으로 한다.

<표 4-2> 불편함 정도 계산 방법(65세 미만, 비장애인)

버스 승차시 불편한 점	척도 점수				
	1(편함)	2	3	4	5(불편함)
보행능력	O				
보행 보조기구	O				
무거운 짐이나 유모차 등을 곁함	O				

이를 기준으로 하여 나머지 승객유형의 불편함 지표를 분석한다.

3) 기존문헌을 통한 승객유형별 가치

기존문헌을 통해서 일반인, 걸을 수 있는 장애인, 짐이나 유모차를 이용하는 버스 승객에 대한 가치를 얻는다. 여기서 Gleave(1996)의 보고서에 언급된 가치는 승객유형의 구별 없이 조사된 저상버스의 가치로써 이를 일반인의 가치로 가정한다. 기존문헌을 통한 각 유형별 가치는 아래의 표와 같다.

<표 4-3> 승객유형별 저상버스 가치

구분	일반인(1996)	걸을 수 있는 장애인(1998)	짐이나 유모차를 동반한 승객(1998)
저상버스 가치(p/통행)	2.8 ²³⁾	57 ²⁴⁾	7.4 ²⁴⁾

조사 분석 기준년도인 2014년도의 가치로 바꾸기 위해 영국의 물가

23) Steer Davis Gleave(1996), Bus passenger preference, London Transport buses: Referred to in: Balcombe et al(2004), The demand for public transport: a practical guide, p.86.

24) I York et. al(1998), Evaluation of low-floor bus trials in London and North Tyneside, TRL Report 271, p.30.

상승률을 이용하여 조사 기준년도의 가치로 전환하였다. 각 연도별 영국의 물가상승률과 그에 따른 승객유형별 저상버스의 통행가치는 아래 표와 같다.

<표 4-4> 영국의 물가상승률과 승객유형별 가치(단위: p/통행)

년도	물가 상승률(%)	일반인	걸을 수 있는 장애인	집이나 유모차를 동반한 승객
1996	2.5	2.87		
1997	1.8	2.92		
1998	1.6	2.97	57.91	7.52
1999	1.3	3.01	58.66	7.62
2000	0.8	3.03	59.13	7.68
2001	1.2	3.07	59.84	7.77
2002	1.3	3.11	60.62	7.87
2003	1.4	3.15	61.47	7.98
2004	1.3	3.19	62.27	8.08
2005	2.1	3.26	63.58	8.25
2006	2.3	3.33	65.04	8.44
2007	2.3	3.41	66.54	8.64
2008	3.6	3.53	68.93	8.95
2009	2.2	3.61	70.45	9.15
2010	3.3	3.73	72.77	9.45
2011	4.5	3.90	76.05	9.87
2012	2.8	4.01	78.18	10.15
2013	2.6	4.11	80.21	10.41
2014	1.5	4.17	81.41	10.57

다음으로 위의 표의 가치는 영국기준의 가치이기 때문에 한국기준의 가치로 전환하기 위해 각 나라의 2014년 당시 GDP(Gross Domestic Product)와 환율을 이용하여 한국기준의 가치로 전환하였다. 2014년 당시 환율은 1777.55원/£ 였고, 2014년 한국과 영국의 GDP는 각각 \$28,739 과 \$44,141이었다. 이를 바탕으로 위 3가지 승객유형의 가치는 아래의 표와 같다.

<표 4-5> 승객유형별 환율을 통해 환산한 통행가치

	전체	걸을 수 있는 장애인	짐이나 유모차를 동반한 승객
'2014년 기준(p/통행)	4.17	81.41	10.57
환율 전환(원/통행)	74.18	1447.13	187.87
1인당 GDP 비율로 계산(원/통행)	48.29	942.19	122.32

4) 승객유형별 불편함 지표를 통한 저상버스 가치

(1) 65세 이상 고령자 - 장애가 없는 경우

고령자들은 노화현상에 따라 신체적 정신적 기능이 저하되며, 노화로 인해 운동신경, 말초 신경에도 영향을 준다. 고령자의 만성질환은 보행에 있어서 불편함을 초래하며, 고령자의 특성을 아래의 표처럼 정리할 수 있다.

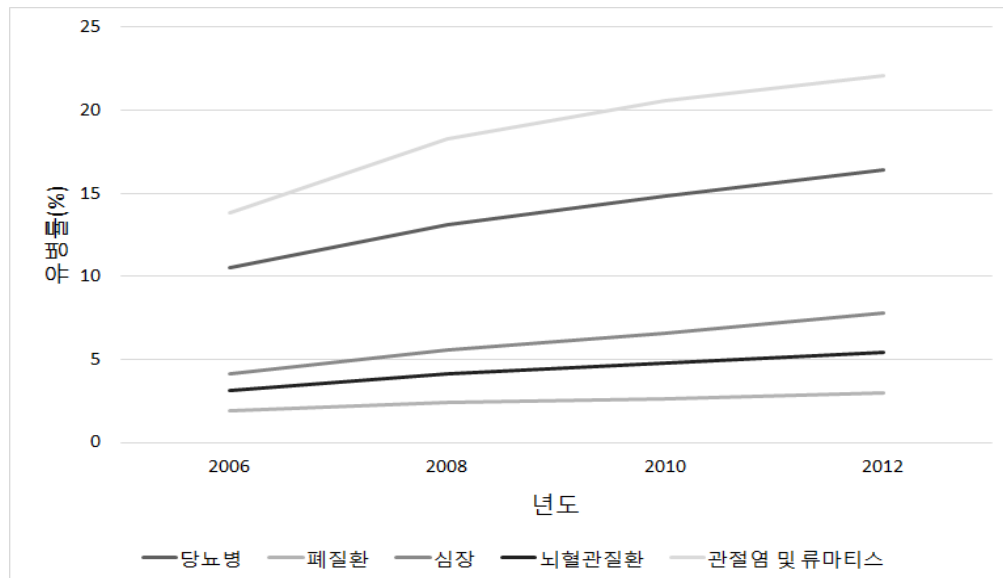
<표 4-6> 고령자의 특성

분류	특성 및 변화
신체적	시력저하, 청력이 약화되며 감각기관이 감퇴되고, 세포, 장기, 조직, 쇠퇴와 기능이 저하된다. 또한 신경계통 및 혈액순환, 생식기능도 저하된다.
정신적	기억력 감퇴와 고립으로 소외를 경험함으로써 의존성과 내향성이 증가된다. 과거 지향적인 경향을 가지게 되며 친근한 사물에 대한 애착심이 더 커진다.
사회적	역할상실 및 지위가 저하되고, 전체적인 삶의 목적 상실로 인해 가족과 사회와의 관계에서도 소외와 고립감이 생긴다.

출처: 전계서, 이지수(2015), p.35 표2-14.

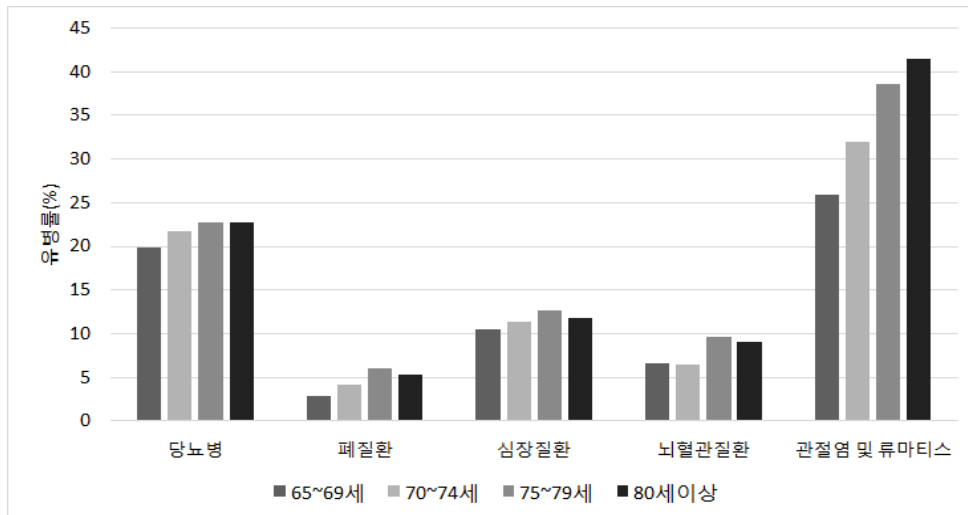
보행과 관련된 만성질환인 당뇨병, 폐질환, 심장질환, 관절염 및 류마티스 현황을 보면 해가 지날수록 유병률이 점점 높아져가는 것을 확인할 수 있으며 동시에 나이가 많을수록 고령자의 유병률이 높은 것을 확

인할 수 있다.



출처: 한국고용정보원(2013), 2012년 고령화연구패널조사, 제4장 건강 및 의료 p.7 표4-4 재구성.

<그림 4-3> 연도별 고령자의 만성질환 유병률 분포(전체, 54세 이상부터)



출처: 한국고용정보원(2013), 2012년 고령화연구패널조사, 제4장 건강 및 의료 p.7 표4-4 재구성.

<그림 4-4> 연령대별 유병률

이러한 점들을 고려하여 65세 이상의 고령자의 불편함 점수를 판단한다.

<표 4-7> 불편함 정도의 계산 방법(65세 이상 - 장애가 없는 경우)

버스 승차시 불편한 점	척도 점수				
	1(편함)	2	3	4	5(불편함)
보행능력				0	
보행 보조기구		0			
무거운 짐이나 유모차 등을 견함	0				

보행능력에서는 65세 이상 고령자는 만성질환 등에 의한 합병증으로 걷기가 어렵지만 보행 보조기구에 많이 의존하지는 않는다. 또한 보행능력이 떨어지기 때문에 무거운 짐을 동반하지 않는다.

(2) 걸을 수 있는 장애인(Ambulant disabled)

걸을 수 있는 장애인의 경우 휠체어를 이용하지 않지만 이동에 어려움을 겪는 장애인을 말한다. 일반버스에서 2~3계단을 오르고 내릴 수는 있지만 비장애인과는 달리 승하차시 시간이 더 오래 걸린다. 이 장애에 포함되는 장애는 휠체어를 이용하지 않는 지체장애, 뇌병변장애, 호흡기장애, 심장장애가 포함된다.

<표 4-8> 불편함 정도의 계산 방법(걸을 수 있는 장애인)

버스 승차시 불편한 점	척도 점수				
	1(편함)	2	3	4	5(불편함)
보행능력				0	
보행 보조기구					0
무거운 짐이나 유모차 등을 겸함	0				

이 분류에 해당되는 사람들은 보행능력이 상당히 떨어지고, 보행 보조기구에 상당히 의존하는 경향이 있다. 하지만 무거운 짐이나 유모차를 겸하는 승객유형보다 그 점수가 적다. 총 점수는 10점이다.

(3) 무거운 짐이나 유모차 등을 겸함

무거운 짐이나 유모차를 갖고 버스를 탑승하는 경우 짐으로 인한 보행능력은 떨어지지만 경우에 따라 유모차에 아이를 태우는 경우도 있고 그렇지 않은 경우도 있으므로 3점을 부여하였다.

<표 4-9> 불편함 정도의 계산 방법(무거운 짐이나 유모차)

버스 승차시 불편한 점	척도 점수				
	1(편함)	2	3	4	5(불편함)
보행능력			0		
보행 보조기구	0				
무거운 짐이나 유모차 등을 곁함				0	

(4) 65세 미만 장애인

장애인의 경우 완전히 견지 못해서 휠체어를 이용하는 경우를 제외한 장애 유형뿐만 아니라 시각 및 언어 장애 등 일반버스에도 탑승할 수 있지만 버스에 탑승하기 어려운 다른 장애 유형도 판단한다. 따라서 모든 장애유형이 직접적으로 버스를 타기 어렵지는 않지만 버스를 이용하는데 어려운 점이 존재한다. 따라서 아래의 표와 같이 불편함 점수를 매길 수 있다.

<표 4-10> 불편함 정도의 계산 방법(65세 미만 장애인)

버스 승차시 불편한 점	척도 점수				
	1(편함)	2	3	4	5(불편함)
보행능력				0	
보행 보조기구				0	
무거운 짐이나 유모차 등을 곁함	0				

(5) 65세 이상 고령자 - 장애가 있는 경우

65세 이상이면서 장애가 있는 승객들은 상당히 보행능력이 떨어지면서 보행보조기구에 의존도가 상당히 높을 것이다. 따라서 총합이 곁을

수 있는 장애인과 같은 10점이다.

<표 4-11> 불편함 정도의 계산 방법(65세 고령자 - 장애가 있는 경우)

버스 승차시 불편한 점	척도 점수				
	1(편함)	2	3	4	5(불편함)
보행능력					0
보행 보조기구				0	
무거운 짐이나 유모차 등을 곁함	0				

(6) 승객유형별 ‘불편함’ 지표를 통한 가치 계산

기존에 문헌조사를 통해 얻은 승객유형별 가치와 불편함 점수를 이용하여 본 논문에서 분류한 승객유형대로 그 가치를 계산한다. 그 방법은 기존 문헌에서 분류된 승객유형의 불편함 점수, 가치와 본 논문에서 다루고 있는 승객유형 전체에 대한 불편함 점수를 이용하여 보간법으로 본 논문에서 필요한 승객유형별 가치를 계산한다.

<표 4-12> 기존 문헌의 승객유형별 불편함 점수 및 저상버스 가치

구분	일반인	걸을 수 있는 장애인	짐이나 유모차
불편함 점수	3	10	8
저상버스 가치(원/통행)	48.29	942.19	122.32

<표 4-13> 승객유형별 불편함 점수와 저상버스 가치

	65세 미만		65세 이상	
	불편함	저상버스 가치(원/통행)	불편함	저상버스 가치(원/통행)
장애	9	532.65	10	942.19
비장애	3	48.29	7	107.51

2. 교통카드 자료

교통카드 자료는 2013년 5월 22일 하루 수집된 자료를 이용하며 서울시내버스를 이용한 건수는 5,419,035건이며, 이중 일반인은 83.81%, 청소년은 11.06%, 고령자는 3.53%, 어린이는 1.60%를 차지하고 있다.

교통카드자료는 총 38개의 속성으로 이루어져 있으며 그 중 9개의 변수를 이용한다. 가상카드번호, 승차시간, 승차정류장, 하차시간, 하차정류장, 버스노선코드, 버스차량코드, 버스유형코드, 승객유형코드를 이용하여 분석을 한다. 이를 통해 각 노선별로 자료들을 차량별로 나누고, 각 차량별 자료를 승차시간 순서대로 나열하였다. 정리된 자료를 통해서 각 차량별로 몇 회씩 운행했는지, 운행 횟수당 몇 명의 승객을 태웠는지 정리한다. 정리된 자료를 통해 각 편익항목별 방법론을 적용하였다.

교통카드 자료를 이용하기 위해서 VBA(Visual Basic Application)을 이용하여 분석용 프로그램을 코딩하였다. 이를 통해 앞서 말한 자료 정리를 자동으로 할 수 있었다. 하지만 자료 곳곳에 오류가 있어 이를 수정하는 작업이 필요하였다. 수정은 일부 자료를 맞게 수정하거나 삭제하여 재정리하였다.

자료형식상 장애인, 국가유공자도 분류가 되어있지만 실제 자료에서는 장애인과 국가유공자의 버스탑승기록은 존재하지 않았다. 따라서 분석시 실제 카드 자료에 사용자 구분대로 나누지 않으며, 승객 유형 비율을 표 3-3에 있는 *PR*을 이용하여 가정하였다. 실제 교통카드 데이터가 승객 유형에 맞게 이용되고, 원자료가 오류 없이 완벽하다면 교통카드 자료만으로도 충분히 분석이 가능하다. 하지만 완벽한 자료 구축이 되지 못 했으므로 몇 가지 가정 하에 분석을 진행하였다.

V. 연구방법론 적용

1. 노선별 편익의 추정 결과

1) 편익의 분석을 위한 전제

저상버스의 경제적 타당성을 판단하기 위해 몇 가지 전제조건이 필요하다.

첫 번째로 사회적 할인율은 5.5%를 적용한다.²⁵⁾

두 번째는 연비, 타이어비, 정비비 등 운영비용은 변하지 않는다. 즉 차량의 기술적 변화, 형태는 시간이 지나도 일정하다.

세 번째는 버스의 승객수와 분포는 시간이 지나도 일정하다. 교통카드 자료의 분석의 한계로 하루 단위의 자료만을 수집했다. 또한 다른 날의 승객분포패턴을 알기가 어렵기 때문에, 현재 분석된 자료가 1년 중 하루를 대표할 수 있는 자료가 아니다.

네 번째는 장애인과 비장애인의 승객비율은 시간이 지나더라도 일정하지만 연도별 고령자의 승객비율은 고령인구의 증가에 따라 증가한다는 점이다. 장애 인구는 90년대 후반이후 급격히 증가하다가 최근 약간 감소하는 추세이다. 반면에 노인인구는 급격히 증가하여 2025년에 서울에 거주하는 65세 이상 인구가 1,852,938명으로 서울전체인구의 약 20%를 차지할 것으로 예상된다.

다섯 번째는 승객유형별 승하차시간은 달라도 승객유형내의 사람들의 승하차시간은 일정해야한다. 교통카드만으로 개개인의 어떤 신체적

25) 전계서, 김강수 등(2008), p. 377

특성을 갖고 있는지는 한계가 있다. 따라서 승하차시간을 일괄적으로 적용한다.

2) 편익의 추정 결과

(1) 노선유형 분류

분석은 노선유형별로 나누어 실시하였다. 서울은 총 8개의 권역으로 나뉘지는데, 주로 간선노선은 서울중심 및 부도심을 통과하거나 회차지점으로 하는 노선이고, 지선노선은 지하철역과 연계와 간선버스가 지나가지 않는 서울시내 곳곳을 누비고 있다. 그 외에 광역노선과 순환형노선도 있지만 본 논문에서는 제외한다. 노선유형은 간선노선, 지선노선 중 기점과 회차지점이 동일권역인 노선과 기타 지선노선으로 총 3가지로 분류한다.



출처: 서울특별시 홈페이지, <https://goo.gl/QSpRCV>

<그림 5-1> 서울버스노선 권역 구분도

유형별 각 4개 노선씩 총 12개 노선을 분석했다. 시간대별로 승객 통행패턴이 다르기 때문에 첨두와 비첨두로 나눠서 분석을 실시한다. 이때 첨두와 비첨두를 구분 짓기 위해 각 노선별 사람이 가장 탑승이 많은 정류장을 기준으로 첨두와 비첨두시간대를 정한다. 아래의 그림처럼 첨두와 비첨두의 승객 패턴은 달랐다. 이를 첨두시간을 정하고, 나머지 시간대를 비첨두시간으로 정하였다. 첨두시간과 비첨두시간을 비교할 수 있는 승객승하차 패턴 및 재차인원 패턴 그래프는 부록에 첨부하였다.

<표 5-1> 노선별 탑승인원이 많은 정류장

노선	정류장	방향	첨두 시간대
150	세종문화회관	기아대교	7시~8시 40분, 16시 10분~20시
143	고속터미널	정릉	8시 54분~11시 33분, 17시 06분~21시 55분
270	금란교회	상암동	7시 2분~10시8분, 16시 17분~21시 10분
142	순천향대학병원	고속터미널	8시 17분~10시 54분, 17시 38분~20시 31분
5633	구로디지털단지역	노은사동	7시 48분~9시45분, 17시58분~20시 18분
2016	건대입구사거리	중랑차고지	8시 33분~11시 36분, 17시 57분~21시 45분
3214	테크노마트 D	마천동	7시 37분~9시 5분, 15시 48분~20시5분
6513	신림사거리	서울대	7시 9분~9시 9분, 16시 37분~19시 34분
5511	서울대입구역	제1공학관	7시 47분~10시 39분, 17시 12분~20시 50분
1132	노원역	월계동	7시 12분~8시 47분, 17시~19시 44분
4412	논현역	개포동	8시 1분~10시 16분, 17시 17분~21시34분
3316	천호역,천호사거리	마천동	7시 26분~9시 34분, 15시 50분~19시 44분

(2) 간선노선

간선노선은 총 4개의 노선을 분석하게 된다. 노선은 150번, 143번, 142번, 270번을 대상으로 노선을 분석하게 된다. 각 노선별 승객 각 노선은 아래의 표와 같은 특징을 갖고 있다.

<표 5-2> 간선노선의 주요 지표

노선번호 (노선길이)	첨두, 비첨두 구분	대-km당 승차인원 (명/대-km)	대당 하루운행거리 (km/대-일)	평균탑승 거리(km)	총 승객수 (명)	운행횟수 (회)
150 (75.21km)	전체	2.07	264.70	6.10	28,652	183
	첨두	2.62	91.12	5.80	12,406	63
	비첨두	1.8	173.57	6.33	16,246	120
143 (60.73km)	전체	3.55	221.94	3.78	43,360	201
	첨두	4.53	79.50	3.59	19,816	72
	비첨두	3	142.44	3.96	23,544	129
270 (50.62km)	전체	2.75	237.76	4.77	21,544	155
	첨두	3.32	99.71	4.68	10,939	65
	비첨두	2.33	138.05	4.87	10,605	90
142 (59.74km)	전체	1.78	228.24	4.39	26,695	149
	첨두	3.78	73.53	4.14	10,835	48
	비첨두	0.83	154.71	4.57	15,860	101

간선노선은 대체적으로 다른 노선 유형과는 달리 노선이 길고, 총 승객수도 많은 편이다. 이에 따라 운행횟수도 많고, 승객들의 평균탑승거리도 긴 편이다. 이 4개의 노선 모두다 서울을 관통하여 서울시 외곽에서 외곽을 이어주는 역할을 하고 있다.

지표 분석결과 150번 노선이 대-km당 승차인원 지표가 다른 노선에 비해 낮게 분석되었다. 또한 첨두와 비첨두의 값이 차이가 난다는 알 수 있다. 평균 탑승거리는 143번이 다른 노선에 비해 낮게 분석되었으며, 다른 노선들은 4km 내외로 분석되었다.

<표 5-3> 노선별 저상버스 투입으로 절감 시간(간선, 첨두)

노선	버스 재차인원의 통행시간 절감 시간(초)				버스 운전기사의 운행시간 절감 시간(초)			
	150	143	270	142	150	143	270	142
2015	14.29	13.24	13.88	14.47	182.93	259.83	154.97	209.06
2016	14.29	13.25	13.89	14.48	183.05	260.00	155.07	209.20
2017	14.30	13.26	13.90	14.48	183.13	260.11	155.14	209.28
2018	14.31	13.27	13.91	14.49	183.25	260.29	155.24	209.43
2019	14.32	13.28	13.92	14.50	183.39	260.49	155.36	209.58
2020	14.33	13.29	13.93	14.51	183.54	260.71	155.49	209.76
2021	14.35	13.30	13.94	14.53	183.72	260.97	155.64	209.96
2022	14.36	13.31	13.96	14.54	183.87	261.19	155.77	210.13
2023	14.38	13.33	13.97	14.56	184.11	261.45	155.93	210.34
2024	14.39	13.34	13.98	14.57	184.24	261.72	156.08	210.56
2025	14.40	13.35	14.00	14.59	184.46	262.03	156.26	210.80

<표 5-4> 노선별 저상버스 투입으로 절감 시간(간선, 비첨두)

노선	버스 재차인원의 통행시간 절감 시간(초)				버스 운전기사의 운행시간 절감 시간(초)			
	150	143	270	142	150	143	270	142
2015	10.36	9.95	10.41	11.24	125.42	171.94	110.93	144.05
2016	10.36	9.95	10.42	11.24	125.51	172.05	111.00	144.14
2017	10.37	9.96	10.43	11.25	125.56	172.12	111.05	144.20
2018	10.37	9.96	10.43	11.26	125.64	172.24	111.13	144.30
2019	10.38	9.97	10.44	11.26	125.74	172.37	111.21	144.41
2020	10.51	9.98	10.45	11.27	125.84	172.52	111.30	144.53
2021	10.40	9.99	10.46	11.28	125.96	172.69	111.41	144.67
2022	10.41	10.00	10.47	11.29	126.07	172.83	111.50	144.79
2023	10.42	10.01	10.48	11.31	126.19	173.01	111.61	144.94
2024	10.43	10.02	10.49	11.32	126.32	173.19	111.73	145.08
2025	10.44	10.03	10.50	11.33	126.47	173.39	111.86	145.25

간선노선은 노선이 길고, 평균탑승거리가 길기 때문에 저상버스 도입으로 인한 시간 절감 효과도 큰 것으로 분석되었다. 대체적으로 142번

노선이 첨두와 비첨두 상관없이 가장 많은 절감시간을 보이고 있다. 그리고 서울 노선 중 가장 승객이 많은 143번의 경우 다른 노선에 비해 절감된 시간이 적게 분석되었다. 이는 승객수가 많더라도 해당 승객 통행 패턴에 따라 그 결과가 다르다는 것을 보여주고 있다.

(2) 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선

기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선도 총 4개의 노선에 대해 분석한다. 기점과 회차지점이 동일권역인 노선이 가장 큰 특징은 4412번을 제외한 노선길이가 20km 내로 짧다는 점이다. 주요 지표에 대한 내용은 아래의 표와 같다.

<표 5-5> 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선의 주요 지표

노선번호 (노선길이)	첨두, 비첨두 구분	대-km당 승차인원 (명/대-km)	대당 하루운행거리 (km/대-일)	평균탑승 거리(km)	총 승객수 (명)	운행횟수 (회)
5511 (18.20km)	전체	5.6	210.00	2.38	15,077	150
	첨두	7.07	75.60	2.39	6,949	54
	비첨두	4.65	134.40	2.38	8,128	96
1132 (19.19km)	전체	4.5	203.19	2.5	15,564	180
	첨두	6.82	58.70	2.43	6,802	52
	비첨두	3.57	144.49	2.56	8,762	128
4412 (37.88km)	전체	0.03	200.22	2.56	17,051	148
	첨두	0.04	73.05	2.43	8,587	54
	비첨두	0.02	127.17	2.68	8,464	94
3316 (17.77km)	전체	2.73	223.90	3.41	6,113	126
	첨두	4.18	69.30	3.32	2,899	39
	비첨두	2.08	154.60	3.5	3,214	87

분석결과 4412번이 대-km당 승차인원이 다른 노선에 비해 현저히 낮다는 것을 알 수가 있다. 또한 평균탑승거리는 2km 내외로 간선버스

의 평균탑승거리보다는 더 짧은 탑승거리로 분석되었다. 이 중 평균탑승거리가 가장 짧은 노선은 5511번이고, 1132번도 큰 차이를 보이지 않았다. 두 노선 모두다 대학가를 지나가는 노선으로 대-km당 승차인원도 다른 노선에 비해 월등히 높다는 것도 확인할 수 있다.

<표 5-6> 노선별 저상버스 투입으로 절감 시간(동일권역 지선, 첨두)

노선	버스 재차인원의 통행시간 절감 시간(초)				버스 운전기사의 운행시간 절감 시간(초)			
	5511	1132	4412	3316	5511	1132	4412	3316
2015	13.50	14.21	9.79	11.73	131.04	128.50	149.61	70.36
2016	13.51	14.22	9.79	11.73	131.13	128.58	149.71	70.41
2017	13.52	14.22	9.80	11.74	131.18	128.63	149.78	70.44
2018	13.53	14.23	9.81	11.75	131.28	128.73	149.88	70.49
2019	13.54	14.24	9.81	11.76	131.38	128.82	149.99	70.54
2020	13.55	14.26	9.82	11.77	131.49	128.93	150.12	70.60
2021	13.56	14.27	9.83	11.78	131.62	129.06	150.27	70.68
2022	13.57	14.28	9.84	11.79	131.74	129.17	150.40	70.74
2023	13.59	14.30	9.85	11.80	131.87	129.30	149.85	70.81
2024	13.60	14.31	9.86	11.81	132.01	129.43	150.71	70.88
2025	13.62	14.33	9.87	11.83	132.17	129.59	150.89	70.97

<표 5-7> 노선별 저상버스 투입으로 절감 시간(동일권역 지선, 비첨두)

노선	버스 재차인원의 통행시간 절감 시간(초)				버스 운전기사의 운행시간 절감 시간(초)			
	5511	1132	4412	3316	5511	1132	4412	3316
2015	8.58	7.69	5.83	6.41	87.71	68.24	84.02	39.61
2016	8.58	7.70	5.83	6.42	87.77	68.29	84.08	39.64
2017	8.58	7.70	5.83	6.42	87.81	68.32	84.11	39.65
2018	8.59	7.71	5.84	6.43	87.87	68.36	84.17	39.68
2019	8.60	7.71	5.84	6.43	87.94	68.42	84.23	39.71
2020	8.61	7.72	5.85	6.44	88.01	68.47	84.31	39.74
2021	8.61	7.73	5.85	6.44	88.10	68.54	84.39	39.78
2022	8.62	7.73	5.86	6.45	88.18	68.60	84.46	39.82
2023	8.63	7.74	5.86	6.45	88.27	68.67	84.55	39.86
2024	8.64	7.75	5.87	6.46	88.36	68.74	84.63	39.90
2025	8.65	7.76	5.87	6.47	88.47	68.82	84.73	39.95

전반적으로 간선보다는 절감시간이 더 작다는 것을 볼 수 있다. 가장 큰 이유는 노선길이와 정류장수가 상대적으로 적기 때문이다. 또한 교통약자의 비율이 높아질수록 절감시간의 증가율은 미미하였다. 하지만 노선길이가 상대적으로 긴 4412번은 버스 운전기사의 절감시간이 간선노선의 270번, 150번 노선만큼이나 크다는 것을 알 수 있다.

(3) 기타 지선노선

기타 지선노선 유형 중 4개 노선을 골라 분석하였다. 4개 노선 모두 회차지점이 인접한 권역에 위치해 있다. 노선길이는 노선마다 다르며, 운행횟수는 6513번이 상대적으로 많은 편이다.

<표 5-8> 기타 지선노선의 주요 지표

노선번호 (노선길이)	첨두, 비첨두 구분	대-km당 승차인원 (명/대-km)	대당 하루운행거리 (km/대-일)	평균탑승 거리(km)	총 승객수 (명)	운행횟수 (회)
5633 (55.35km)	전체	1.87	305.88	3.36	10,904	105
	첨두	2.91	81.57	3.21	4,505	28
	비첨두	1.5	224.31	3.48	6,398	77
2016 (61.09km)	전체	2.43	235.93	3.18	16,654	112
	첨두	3.19	82.16	3.1	7,592	39
	비첨두	2.03	153.78	3.17	9,062	73
3214 (27.24km)	전체	2.25	262.49	3.49	6,497	106
	첨두	3.22	81.72	3.43	2,898	33
	비첨두	1.81	180.77	3.54	3,599	73
6513 (37.77km)	전체	3.20	225.17	3.51	18,726	155
	첨두	4.91	62.47	3.37	7,974	43
	비첨두	2.54	162.70	3.62	10,752	112

기타 지선노선의 경우 노선 길이마다 약간씩은 다르지만 비슷한 점 중 하나는 평균탑승거리가 약 3, 4km 내외 정도로 분석되었다. 또한 총 승객수도 18,726명에서 6,497명으로 노선 길이에 따른 총 승객수도 다양하였다. 대당 하루운행거리는 노선길이와 운행횟수에 따라 달라지는데, 상대적으로 노선이 짧은 3214번 노선이 대당 하루운행거리 지표가 높게 분석이 되었다. 이는 적은 차량수로 많은 운행횟수를 하고 있다는 것을 보여주고 있다.

<표 5-9> 노선별 저상버스 투입으로 절감 시간(기타 지선, 첨두)

노선	버스 재차인원의 통행시간 절감 시간(초)				버스 운전기사의 운행시간 절감 시간(초)			
	5633	2016	3214	6513	5633	2016	3214	6513
2015	12.31	8.72	10.58	15.17	151.77	181.46	87.38	183.40
2016	12.32	8.72	10.59	15.18	151.87	181.58	87.44	183.52
2017	12.32	8.73	10.59	15.18	151.94	181.66	87.47	183.60
2018	12.33	8.73	10.60	15.20	152.04	181.79	87.54	183.73
2019	12.34	8.74	10.61	15.21	152.16	181.92	87.60	183.87
2020	12.35	8.75	10.62	15.22	152.28	182.07	87.68	184.03
2021	12.36	8.75	10.63	15.24	152.43	182.25	87.76	184.21
2022	12.37	8.76	10.64	15.25	152.56	182.41	87.84	184.37
2023	12.39	8.77	10.65	15.27	152.72	182.59	87.93	184.69
2024	12.40	8.78	10.66	15.28	152.87	182.78	88.02	184.75
2025	12.41	8.79	10.67	15.30	153.05	182.99	88.12	184.97

<표 5-10> 노선별 저상버스 투입으로 절감 시간(기타 지선, 비첨두)

노선	버스 재차인원의 통행시간 절감 시간(초)				버스 운전기사의 운행시간 절감 시간(초)			
	5633	2016	3214	6513	5633	2016	3214	6513
2015	6.74	10.52	6.45	8.04	76.53	216.87	49.22	94.50
2016	6.75	10.52	6.46	8.05	76.58	217.02	49.25	94.57
2017	6.75	10.53	6.46	8.05	76.62	217.10	49.27	94.61
2018	6.75	10.53	6.46	8.06	76.67	217.26	49.30	94.67
2019	6.76	10.54	6.47	8.06	76.73	217.42	49.34	94.75
2020	6.76	10.55	6.47	8.07	76.80	217.60	49.38	94.83
2021	6.77	10.56	6.48	8.08	76.87	217.81	49.43	94.92
2022	6.78	10.57	6.48	8.09	76.94	217.99	49.47	95.00
2023	6.78	10.58	6.49	8.10	77.02	218.21	49.52	95.16
2024	6.79	10.59	6.50	8.10	77.10	218.43	49.57	95.19
2025	6.80	10.60	6.51	8.11	77.19	218.69	49.63	95.31

절감된 시간을 분석한 결과 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선과는 크게 차이가 없었다. 이 중 노선길이가 짧은 3214번이 다른 노선보다 짧은 절감시간으로 분석되었다. 첨두 시간대와 비첨두 시간대의 절감시간을 비교했을 때 6513번은 첨두시에 더 많은 절감시간을 기대할 수 있다.

(4) 결과분석 종합

각 노선별로 지표값들을 봤을 때에는 노선의 특성별로 다양한 값들이 도출되었다는 것을 알 수 있었다. 하지만 승객수가 많다고 해서 효율적인 노선은 아닌 것으로 분석되었다. 대-km당 승차인원의 지표의 경우 간선노선이 비교적 높게 분석이 되었지만 기점과 회차지점이 동일한 지선노선 유형 중 대학가를 지나가는 노선이 경우 간선노선보다 더 높은 지표값으로 나타났다. 기타 지선 노선의 경우 간선노선 유형의 지표값과 기점과 회차지점이 동일한 지선노선 사이에 위치해 있다고 볼 수 있다. 대당 하루운행거리의 경우 노선 길이와 운행횟수에 따라 조금씩 다르지만 대체적으로 약 200~300km/대-일로 나타났다. 평균탑승거리 값들을 살펴보면 노선길이가 긴 간선노선유형이 높았으며, 그 외 지선노선은 3~4km였고, 기점과 회차지점이 동일한 지선노선이 가장 짧았다.

첨두와 비첨두와의 관계는 명확했다. 버스 재차인원의 통행시간 절감시간은 첨두시간대의 통행시간 절감분이 비첨두보다 더 높았고, 6513번의 경우 그 값이 거의 2배 가까이 차이가 났다. 하지만 승하차가 빨라짐으로써 얻어진 통행시간 절감시간이 10여초 내외로 그 효과는 미미하였다. 하지만 버스 운전기사의 운행시간 절감 시간은 노선이 긴 간선노선 유형이 저상버스 도입시 일반버스보다 최대 5분 정도 가까이 절감된다는 것을 보여주고 있다.

(5) 노선별 편익분석

각 노선별로 일반버스 대신 저상버스가 투입될 때의 편익항목들을 정리하면 아래의 표와 같다. 편익항목은 버스 한 대가 하루 동안 운행했을 때의 편익을 기준으로 365를 곱해준 값이다.

<표 5-11> 노선별 편익

노선	현가로 환산한 편익 합(원)	노선	현가로 환산한 편익 합(원)
150	2,142,238	3214	39,110,966
143	115,794,806	6513	95,148,747
270	74,460,618	5511	215,226,923
142	87,031,096	1132	158,990,445
5633	35,668,535	4412	23,786,121
2016	113,428,267	3316	58,252,855

12개의 노선 중 5511번이 가장 편익이 가장 높게 나왔다. 또한 주로 사람들이 많이 몰리는 노선들을 중심으로 편익이 높은 것으로 나타났다. 간선노선 중 150번을 제외한 3개의 노선들의 편익은 저상버스와 일반버스의 가격 차이만큼 가깝게 분석이 되었다. 하지만 지선노선의 경우에는 노선마다 다양한 결과가 도출이 되었으며 4412번은 제일 낮게 편익이 분석되었다.

<표 5-12> 노선별 부 편익의 결과(단위: 원)

노선 번호	연료비용	타이어 비용	정비비용	배출 오염물질 비용 증가
150	-104,293,545	-2,756,371	-12,559,357	-38,578,389
143	-88,823,349	-2,347,620	-10,696,891	-32,909,498
270	-95,335,328	-2,519,733	-11,481,121	-35,322,211
142	-91,455,535	-2,417,190	-11,013,882	-33,884,730
5633	-122,665,642	-3,242,080	-14,772,478	-45,448,230
2016	-94,741,596	-2,504,041	-11,409,618	-35,102,484
3214	-105,246,463	-2,781,687	-12,674,707	-38,994,338
6513	-90,214,396	-2,384,386	-10,864,413	-33,424,879
5511	-84,186,841	-2,225,073	-10,138,517	-31,191,652
1132	-81,438,645	-2,152,441	-9,807,560	-30,173,423
4412	-80,312,393	-2,122,674	-9,671,926	-91,820,869
3316	-89,720,800	-2,371,340	-10,804,970	-33,242,002

<표 5-13> 노선별 편익항목별 분석 결과(단위: 원)

노선 번호	재차인원의 통행시간 절감 편익	운전기사의 운행시간 절감 편익	편의성 향상 편익	편익 합	편익 현가
150	30,867,364	5,726,874	124,847,651	3,254,227	2,142,238
143	40,294,546	8,483,592	245,094,089	159,094,868	115,794,806
270	36,587,177	6,962,501	203,733,407	102,624,691	74,460,618
142	37,871,164	7,215,504	213,463,299	119,778,631	87,031,096
5633	52,491,775	10,612,963	172,715,996	49,692,306	35,668,535
2016	26,085,925	9,062,000	264,615,231	156,005,417	113,428,267
3214	23,103,265	6,743,099	184,286,921	54,436,091	39,110,966
6513	35,170,608	8,129,059	224,476,681	130,888,274	95,148,747
5511	47,270,351	13,648,702	361,836,183	295,013,153	215,226,923
1132	45,717,585	10,385,660	285,558,620	218,089,797	158,990,445
4412	20,974,567	6,537,150	190,052,616	33,636,470	23,786,121
3316	26,076,420	7,087,833	183,425,751	80,450,892	58,252,855

편익분석에 가장 많은 영향을 준 항목은 편의성 향상 편익 항목이다. 편의성 향상 편익은 교통약자 유형별 저상버스 가치와 승객유형별 수를 곱하여 계산된다. 따라서 승객이 많은 노선일수록 이 항목의 편익은 커진다. 또한 간선노선보다 지선노선일 때 운전기사의 운행시간 절감 편익이 더 큰 것으로 나타났는데, 그 이유는 노선이 짧을수록 더 빨리 다시 회차지점으로 돌아올 수 있기 때문에 쉴 수 있는 횟수가 많아지기 때문이다.

반면 부의 편익 항목은 편익들을 감소시키는 역할을 한다. 그 중에 대기오염물질 증가로 인한 비용과 연료비용은 부의 편익 항목 중 매우 높은 비중을 차지하고 있다.

3. 회귀분석 결과

1) 회귀분석을 위한 전제

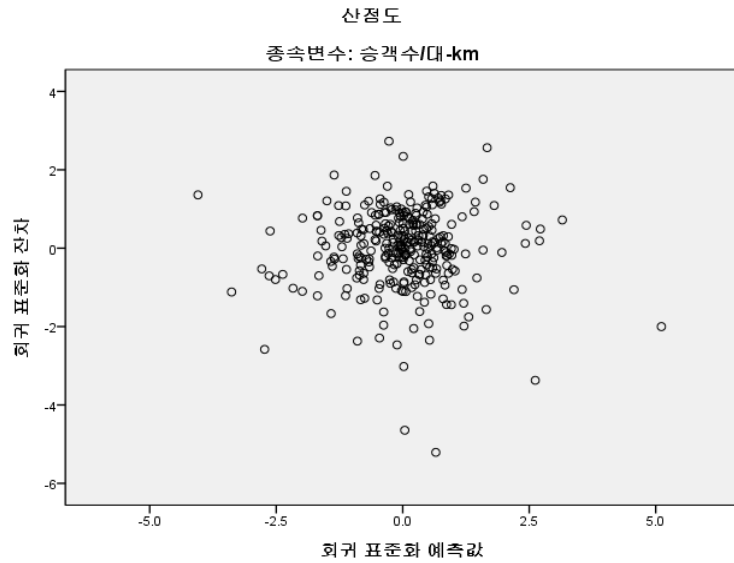
(1) 정규성, 등분산성, 선형성 확인

먼저 회귀분석이 기본 가정 사항인 정규성, 등분산성, 선형성을 확인한다. 변수간의 선형성을 확인한다. 선형성을 확인하는 이유는 도출된 회귀모형은 선형회귀모형이기 때문에 변수들의 관계가 비선형일 경우 불완전한 회귀모형이 도출되기 때문이다. 따라서 변수들의 특성을 살펴보고, 선형성이 맞도록 변수전환을 하였다. 특히 분석대상의 3가지 변수 중에 대당 하루운행거리는 다른 2가지 변수보다 큰 단위라서 선형성이 잘 나타나지 않았다. 따라서 기본 모형은 종속변수와 설명변수들에 모두다 자연로그를 취한 형태로 아래의 식과 같다.

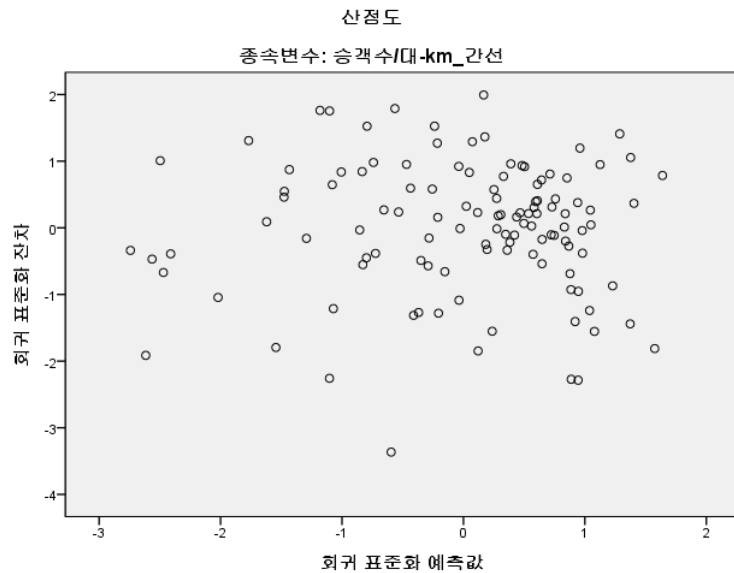
$$\ln(Y) = \beta_0 + a\ln(X_1) + b\ln(X_2) + \epsilon$$

여기서 Y 는 종속변수인 대-km당 승차인원 지표이고, X_1 과 X_2 는 각각 평균탑승거리와 대당 하루운행거리이다.

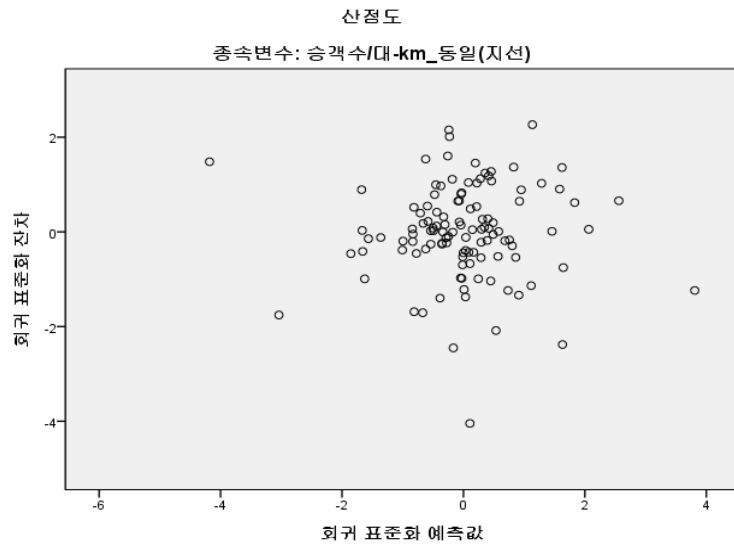
등분산성은 잔차의 산점도를 통하여 파악할 수 있는데, 잔차의 패턴이 규칙적인 형태를 보인다면 등분산성의 조건을 만족한다고 말하기 어렵다. 따라서 각 노선의 유형별로 등분산성을 만족시키는지 잔차의 산점도를 확인하였다.



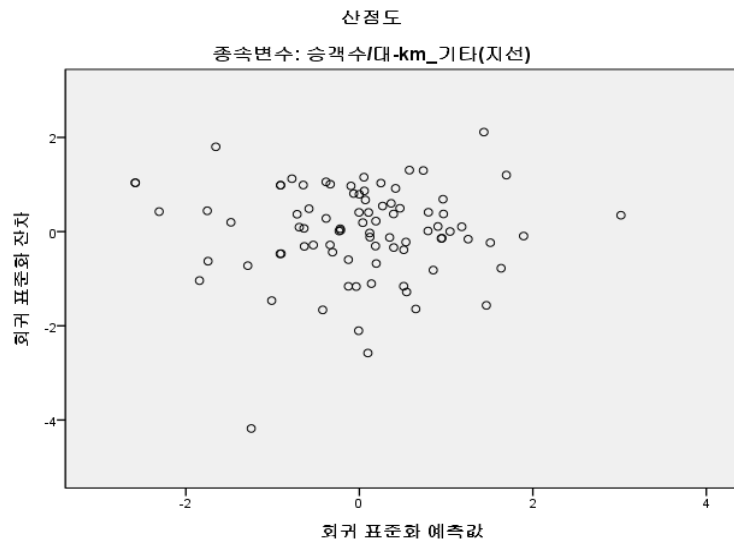
<그림 5-2> 서울 전체 노선의 대·km당 승차인원에 대한 잔차 산점도



<그림 5-3> 서울 간선노선의 대·km당 승차인원에 대한 잔차 산점도



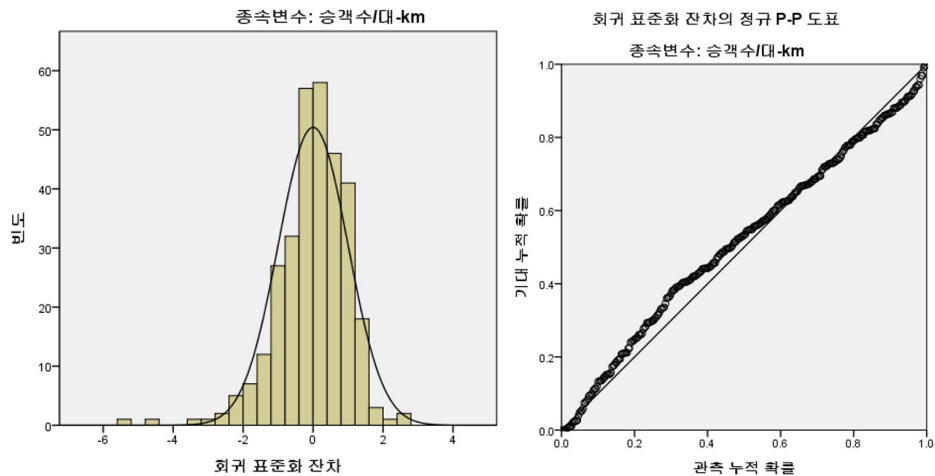
<그림 5-4> 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선의 대·km당 승차인원에 대한 잔차 산점도



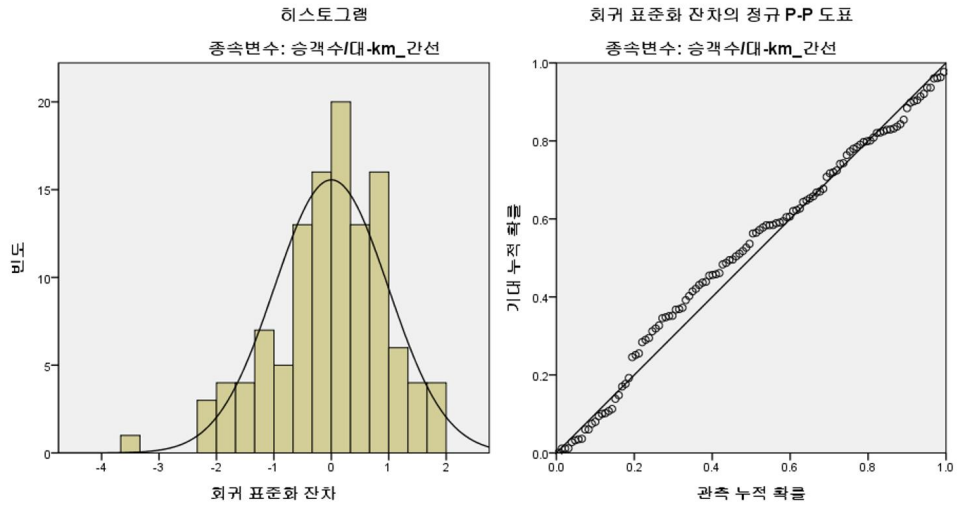
<그림 5-5> 기타 지선노선의 대·km당 승차인원에 대한 잔차 산점도

대체적으로 산점도의 형태가 많이 흩어져 있다는 것을 알 수 있다. 하지만 서울 전체 노선을 대상으로 한 잔차의 산점도와 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선 유형에서 잔차가 많이 뭉쳐져 있다. 하지만 나머지 노선 유형의 경우에는 잔차가 많이 흩어져 있어 등분산성을 지킨다고 말할 수 있다.

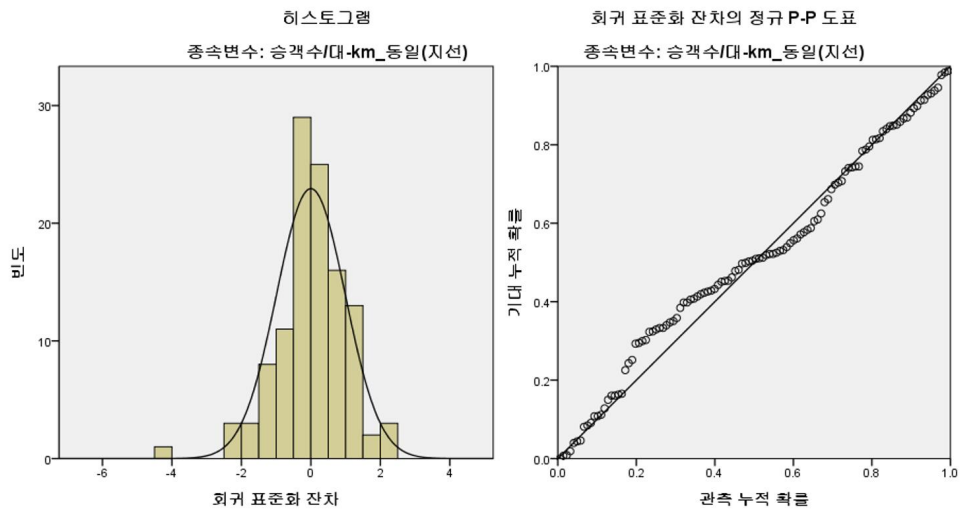
마지막으로 정규성을 확인하기 위해서 잔차의 히스토그램과 P-P도표를 확인한다. 잔차의 히스토그램을 통하여 정규분포와 비슷한 종모양의 형태로 나타나야하고, P-P도표를 통해서는 정규분포를 이룬다고 가정했을 때 대각선에 가깝게 형태가 나타나야 한다. 각 노선유형별 히스토그램 및 P-P 도표는 아래의 그림과 같다.



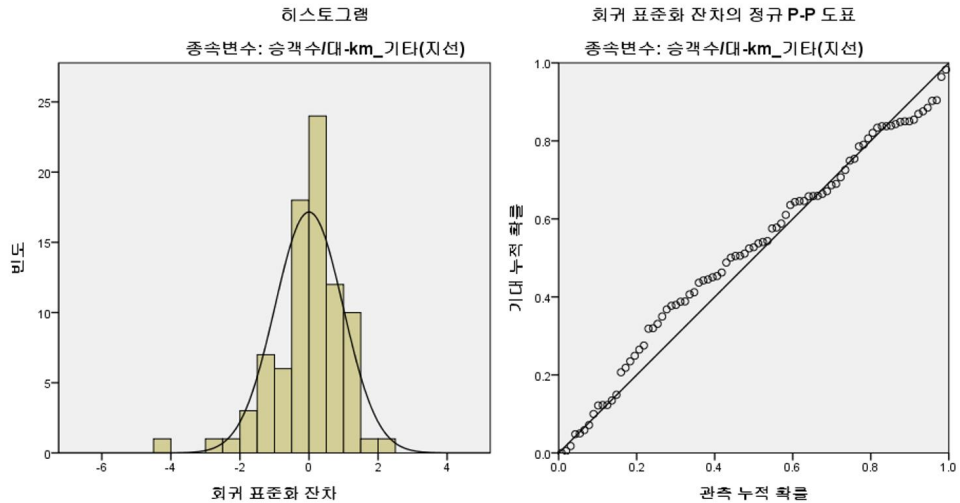
<그림 5-6> 서울 전체 노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차의 히스토그램 및 P-P 도표



<그림 5-7> 서울 간선노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차의 히스토그램 및 P-P 도표



<그림 5-8> 기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차의 히스토그램 및 P-P 도표



<그림 5-9> 기타 지선노선의 대-km당 승차인원에 대한 잔차의 히스토그램 및 P-P 도표

히스토그램과 P-P도표를 통해서 노선 유형 전체다 정규성을 만족시킨다는 것을 알 수 있다. 비록 등분산성을 몇몇 노선 유형은 등분산성을 만족시키지는 않았지만 노선유형별 저상버스 도입의 편익을 추정하기 위해 모든 노선유형에 대해 회귀분석을 실시한다.

(2) 이상치 제거

분석 중 몇몇 노선들의 지표값은 분석된 회귀선으로부터 많이 떨어져서 추정된 회귀계수가 이러한 지표값으로 인해 많은 차이를 보일 수 있다. 그러한 지표값을 이상치라고 부른다. 이상치가 포함된 회귀모형은 왜곡된 분석으로 이어질 수 있다. 이상치가 생기는 원인은 대부분 노선의 변경 및 연장에 대한 문제점이었다.

그래서 회귀분석을 하면서 이상치에 해당되는 노선들이 어떤 노선들이고, 왜 이상치에 포함이 되었는지 살펴보았다. 먼저 4318번의 경우 회

차지점에 등록된 차량하고, 기점에 등록된 차량하고 노선이 분리되어 등록이 되어 있었다. 이로 인해 대-km당 승차인원 지표값이 다른 노선보다 낮게 분석이 되었다. 이를 한 개의 노선으로 통합하여 다시 새롭게 분석하였으며, 새로운 값은 3.45명/km-대로 분석하였다.

241번의 경우 A노선과 B노선으로 분리되어 운행되고 있었는데, 노선 개편을 통해 2개 노선이 하나로 합쳐졌다. 하지만 분석대상 시 노선이 통합이 되었다.²⁶⁾ 따라서 분석할 때도 2개 노선을 통합하여 새롭게 대-km당 승차인원 지표값을 2.74명/km-대로 분석하였다.

672번은 김포시를 거쳐 인천광역시 불로동까지 운행하는 약 85km의 장거리 노선이였다. 하지만 241번 노선변경과 같은 시기에 672번도 김포시 구간이 단축이 되었다. 분석 시에 당시의 노선길이를 이용하고, 운행횟수는 최근에 조사된 자료를 이용하였다. 따라서 운행횟수가 늘어나게 되어 대-km당 승차인원수가 낮게 분석이 되었다. 이 노선은 이상치에 해당되는 노선으로 분석에서 제외하였다.

6649번과 1143번은 다른 노선에 비해 비교적 짧은 노선이지만 이상치에 해당되어 분석에서 제외시켰다.

26) 2013년 9월 26일 노선 변경.

2) 회귀분석 결과

(1) 기초 통계량 분석

<표 5-14> 노선유형별 기초 통계량

	노선수		대-km당 승차인원 (인/대-km)	평균탑승거리 (km/인)	대당 하루운행거리 (km/대)
전체	315	평균	3.03	3.53	210.61
		표준편차	1.39	1.45	1.20
간선	116	평균	2.89	4.81	228.15
		표준편차	1.32	1.26	1.17
동일권역 지선	114	평균	3.13	2.64	196.37
		표준편차	1.48	1.36	1.22
기타 지선	85	평균	3.13	3.35	204.38
		표준편차	1.34	1.26	1.16

기초 통계량을 보면 각 노선 유형별 특성을 알기에는 뚜렷한 차이를 보이지 않는 않지만 미묘한 차이를 보이고 있다. 전체 노선을 대상으로 봤을 때 약 3명을 1대당 1km 운행하는데 소요된 것으로 분석된다. 평균 탑승거리는 약 3.53km로 기타 지선 노선인 3.35km에 가까운 것으로 나타났다. 대당 운행거리도 210.61km/대로 기타 지선 노선의 대당 운행거리 값인 204.38km/대와 간선 노선인 228.15km/대 사이에 위치해 있다.

전체 노선을 기준으로 봤을 때 간선 노선은 대-km당 승차인원의 평균값은 낮은 반면 평균탑승거리와 대당 하루 운행거리는 높은 편이다. 그 이유는 간선노선은 다른 노선 유형보다 비교적 긴 노선이기 때문에 노선을 장거리 통행이 잦은 것으로 보인다. 하지만 대-km당 승차인원은 작은 편이다. 또한 노선이 길기 때문에 다른 노선 유형보다 운행횟수는 적은 편이지만 하루 운행거리도 긴 편이다. 따라서 간선노선 유형의 저상버스 도입의 타당성을 분석 한다면 편의성향상편익은 다른 노선 유형

보다 적게 나올 것이고, 재차인원의 통행시간 절감편익은 더 높게 계산될 것이다. 하지만 비용측면에서 대당 하루운행거리가 높기 때문에 유지비, 연료비 등과 같은 부의 편익항목은 높게 추정될 것이다.

기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선의 경우 나머지 지선 노선 유형과 똑같은 값인 3.13명/km-대로 간선노선보다는 많은 사람들을 태우고 있었다. 하지만 표준편차는 기점과 회차지점이 동일권역 지선노선의 유형이 더 높아 같은 유형의 노선일지라도 비효율적인 노선도 있을 것이라 예상된다. 다른 노선 유형에 비해 평균탑승거리는 짧아 재차인원의 통행시간 절감편익은 다른 유형에 비해 적을 것이라 예상된다. 하지만 대당 하루운행거리 지표가 다른 승객 유형에 비해 짧기 때문에 부의 편익은 상대적으로 적을 것이다.

기타 지선 유형의 경우 간선 노선 유형과 기점과 회차지점이 같은 지선 노선 유형 중간에 위치한다. 하지만 기타 지선 유형의 경우 간선처럼 긴 노선이 있으며, 비교적 노선이 짧은 노선도 존재한다. 따라서 본 유형의 노선의 경우 각각의 승객패턴과 운행횟수 등에 따라 저상버스 도입의 경제적 편익은 달라질 것이다.

(2) 회귀분석 결과

<표 5-15> 노선유형별 회귀 분석 결과

	노선수		상수	ln(평균탑승거리)	ln(대당 하루운행거리)	R ²
전체	315	계수	7.28	0.03	-1.16	0.39
		T값	14.74	0.70	-11.79	
		유의확률	0.00	0.49	0.00	
		상관계수		-0.33	-0.62	
간선	116	계수	7.85	-0.24	-1.18	0.60
		T값	11.94	-2.64	-8.78	
		유의확률	0.00	0.01	0.00	
		상관계수		-0.57	-0.76	
동일권역 지선	114	계수	6.90	-0.15	-1.06	0.36
		T값	8.26	-1.42	-6.44	
		유의확률	0.00	0.16	0.00	
		상관계수		-0.34	-0.59	
기타 지선	85	계수	7.48	0.26	-1.25	0.31
		T값	7.08	1.97	-5.90	
		유의확률	0.00	0.05	0.00	
		상관계수		-0.11	-0.52	

회귀분석 결과 평균탑승거리는 대-km당 승차인원에 큰 영향이 없지만 대당 하루운행거리는 상대적으로 많은 영향이 있는 것으로 나타났다. 각 노선 유형별 회귀모형에 대한 신뢰성은 0.3 안팎으로 크게 높은 편은 아니다. 변수의 유의확률을 살펴보면 대체적으로 변수들이 유의한 편으로 분석이 되고 있지만 전체노선에 대해서 평균탑승거리의 유의확률과 기점과 회차지점이 동일한 지선노선에 대한 평균탑승거리의 유의확률은 각각 0.49와 0.16으로 해당 변수는 유의수준 5%에서 유의하지 않는 것으로 분석되었다.

각 노선유형별로 보면 먼저 간선노선의 경우 평균탑승거리가 음의 계수로 나타나 평균탑승거리가 길수록 오히려 대-km당 승차인원지표에는 부정적인 것으로 나타났다. 다시 말해서 간선노선의 승객들이 탑승거

리가 길어지더라도 승객의 효율적인 수송이 이루어지지 않는다는 것을 보여주고 있다. 또한 해당 하루운행거리도 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 이러한 점은 노선이 긴 노선이더라도 승객을 효율적으로 버스를 이용하는 것이 아니었다.

기점과 회차지점이 동일권역인 지선노선 유형에서는 간선노선에 비해 각 변수별 계수의 절댓값이 낮게 분석되어 간선노선보다 더 높은 대-km당 승차인원이 기대된다. 따라서 이 유형의 저상버스의 도입은 간선노선보다 더 높은 편익이 나올 것이라 추정할 수 있다.

기타 지선노선의 경우에는 다른 노선 유형보다 평균탑승거리가 오히려 양의 계수로 분석되었다. 그 의미는 해당 유형의 노선에 탑승하는 승객이 길게 탈수록 간선노선보다 대-km당 승차인원의 지표의 값이 증가할 수도 있다. 하지만 노선의 특성상 간선노선보다는 짧게 버스를 이용하기 때문에 해당 유형의 노선들 중 노선길이가 긴 노선들을 중심으로 편익이 증가할 것이라 예상할 수 있다. 하지만 해당 하루운행거리의 계수가 -1.25로 나타나 오히려 운행거리가 길어질수록, 해당 운행횟수가 많을수록 평균탑승거리보다 부정적인 영향이 있을 것이다.

정리하면 간선노선의 경우 나머지 2개의 노선 유형에 비해 저상버스 도입에 따른 경제적 타당성이 낮게 분석이 될 것이라 예상된다. 기점과 회차지점이 동일권역인 노선 유형의 경우 간선노선보다는 저상버스 도입의 경제적 타당성이 높을 것이라 예상된다. 마지막 기타 지선노선의 경우 간선노선처럼 긴 노선과 비교적 짧은 노선이 혼재되어 있으므로, 노선의 유형마다 각기 다른 결과가 도출될 것이라고 예상된다. 또한 노선이 긴 노선이더라도 해당 하루운행거리에 대한 계수값이 음수로 분석되었고, 그 절댓값이 크기 때문에 오히려 편익이 상대적으로 크지 않는 노선도 있을 것이다.

VI. 결론

1. 연구 결과

본 논문은 서울시의 시내버스를 대상으로 저상버스 도입의 타당성을 알아보기 위한 연구이다. 연구를 위해 버스승객을 65세 미만 장애인, 65세 미만 비장애인, 65세 이상 장애인, 65세 이상 비장애인으로 나눠 분석하였다. 편익항목으로는 버스 재차인원의 통행시간 절감 편익, 버스 운전기사의 운행시간 절감 편익, 편의성 향상 편익이 있고, 부의 편익 항목으로 운영비용의 증가, 대기오염물질의 증가가 있다. 이를 중심으로 교통카드를 이용하여 각 노선별 저상버스 도입할 때 노선별 편익을 추정하였다.

저상버스의 가장 큰 특징은 승차와 하차할 때 계단이 없다는 점이다. 계단이 없기 때문에 계단을 오르고 내리기 힘든 교통약자들에게 저상버스는 크나큰 편익을 가져다주는 것을 참고문헌을 통해 확인하였다. 국내에서는 고령자를 대상으로 일반버스 대비 저상버스 승하차시간이 절감되는지 연구하였고, 영국에서는 승객을 여러 유형으로 나누고, 일반버스와 저상버스의 승하차시간을 조사하였다. 이를 바탕으로 본 논문에서 구별한 승객분류방식으로 승하차시간을 분석하였다.

각 버스승객 유형별로 ‘불편함’이라는 점수를 매기고, 승객 유형별로 그 가치를 분석했다. ‘불편함’ 점수는 각 교통약자 유형별 특징들을 통해 판단하였다. ‘불편함’ 점수를 보간법을 이용하여 본 논문에서 구별한 승객유형별로 저상버스의 가치를 새롭게 계산하였다.

버스승객의 통행패턴을 고려하여 침두와 비침두로 나누어 분석하고, 노선별로 대-km당 승차인원, 대당 하루운행거리, 평균탑승거리 지표를

이용하여 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 간선노선보다는 기점과 회차 지점이 동일권역인 지선노선유형이 더 경제적 편익을 많이 가져다 줄 것이라 예상되며, 그 외 나머지 지선유형의 경우에는 노선의 특성에 따라 달라질 것으로 예측하였다.

저상버스가 과소평가되어 그 가치가 낮게 판단되는 경우가 많이 있다. 저상버스는 주로 많은 사람들에게 복지차원의 문제로 인식하는 경우가 많이 있다. 하지만 저상버스는 교통약자 뿐만 아니라 일반인들에게도 많은 편익을 가져다주고 있다는 것을 이번 연구를 통해 알 수 있었다. 본 연구는 저상버스 도입시 편익을 경제적인 관점에서 판단할 수 있는 근거가 될 것이다.

2. 연구의 한계 및 향후연구과제

교통약자는 이동에 불편함을 겪는 사람들로 외출할 때 도움이 필요할 수도 있고, 이동이 느려 더 많은 시간이 더 필요할 때도 있다. 저상버스는 교통약자들이 외출하는데 장벽을 없애주는 역할을 한다. 교통약자가 외출을 쉽게 할 수 있게 된다는 것은 많은 잠재적 가치를 갖고 있다고 말할 수 있다. 외출을 통해 취업활동을 할 수 있게 되고, 여가활동을 통해 친목을 다질 수도 있게 된다. 또한 교통약자가 사회적 활동에 활발히 참여하게 되면 자연스럽게 인식개선효과도 일어난다. 하지만 이러한 잠재적 가치에 대한 경제적 평가는 아직까지 부족한 실정이다. 따라서 교통약자에 대한 잠재적 가치에 대한 경제적 평가가 더욱더 활발히 이루어져야 한다.

실제 현장조사를 통해 버스승객 유형별로 저상버스의 가치를 알아볼 필요가 있다. 본 논문은 ‘불편함’이라는 지표를 통해 버스승객 유형별로 저상버스 가치의 차이를 두었지만 실제 저상버스를 이용하는 사람들 중 일반버스를 이용하는데 커다란 지장이 없는 버스승객들 중 저상버스의 가치에 대해 중요하지 않는 것으로 여겨질 수 있다. 하지만 고령자나 장애인 중 일반버스를 타는데 상당히 저항을 많이 느끼거나 못 타는 사람은 저상버스의 가치를 굉장히 중요시 할 것이라 예상된다. 따라서 실제 설문조사를 통해 저상버스의 이용횟수, 지불의사금액 등을 조사할 필요가 있다.

교통카드의 자료를 이용하는데 있어서 하루의 자료만을 이용하였다. 경제적 분석은 1년 단위로 이루어지기 때문에 하루만의 교통카드 자료를 갖고 1년을 대표한다고 말하기는 어렵다. 좀 더 정확한 분석을 위해서는 더 많은 자료를 이용한 분석이 필요하다.

현재 서울시내버스 노선 유형 분류할 때 어떻게 분류방법에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 현재 광역, 간선, 지선, 마을, 순환형 버

스로 가시적으로 나누었다. 이 중 간선 노선은 간선처럼 노선이 길기도 하면서 간선노선처럼 노선 중 대부분이 주요도로만을 다니는 노선도 존재한다. 따라서 노선에 대한 새로운 분류를 통해 노선별 특성에 맞는 분석이 필요하다.

회귀분석 결과를 통해 저상버스 도입할 때 얻는 편익을 노선 유형별로 살펴보았다. 하지만 몇몇 노선 유형에서는 평균탑승거리의 계수가 유의하지 않는 것으로 분석되었다. 또한 회귀분석의 독립변수와 설명변수 간의 설명력을 알 수 있는 R^2 은 낮게 분석이 되었다. 따라서 저상버스 도입의 편익을 추정할 수 있는 적절한 독립변수와 설명변수가 무엇이 있는지 연구가 필요하다.

현재 장애인은 장애인복지법 시행령 제2조에 따라 총 15가지의 장애로 분류가 된다. 이 중에서는 저상버스와 같은 특별교통수단이 필요 없는 장애도 있고, 휠체어와 같이 저상버스가 반드시 필요한 경우도 있고, 일반버스를 탈 수 있지만 저상버스의 이용이 더 편한 장애인도 있다. 승객유형을 더 나눌 수 있다면 더 다양한 분류를 통해 가치를 새롭게 분석하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- 강성인 외(2012), 「경유 버스 및 CNG 버스 환경 경제성 분석을 통한 CNG 버스 보급정책 타당성 조사 연구」, 한국환경정책평가연구원, p. 75.
- 고관우, 황경수(2014), “장애인의 특별교통수단 만족도가 장애수용과 삶의 질에 미치는 영향”, 한국산학기술학회논문지, 15(4), pp. 1963-1970.
- 곽성열(2014), 「서울시 장애인의 이동권에 관한 연구 : 장애인(특별)교통수단을 중심으로」, 중앙승가대학교 석사학위논문.
- 국토교통부(2011), 「교통약자의 교통안전과 이용 편의를 고려한 저상버스 이용 실태 조사 보고서」.
- 김강수, 우지원 외 20인(2008), 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」, 한국개발연구원, pp. 313-377.
- 김경연(2002), 「장애인 이동권 확보를 위한 교통대책에 관한 연구 : 교통수단을 중심으로」, 상명대학교 석사학위논문.
- 김정철(1998), “[특집] 자동차용 변속기분야의 개발 동향”, 오토저널, 20(5), pp. 15-25.
- 김지영, 이종호, 오승훈(2008), “교통약자를 위한 저상버스도입의 효과에 대한 연구”, 대한토목학회 논문집 D, 28(1D), pp. 29-34.
- 김혜란, 김황배, 오재학, 최진희(2009), “KTX역사 및 일반철도역사의 환승저항 산정”, 대한교통학회지, 제27권 제5호, pp. 189-194.
- 남기성, 권윤섭, 박선연, 엄태근, 김인섭(2013), 「2012년 고령화연구패널조사」, 한국고용정보원, 고용노동부, 제4장 건강 및 의료 p. 7.
- 노진귀, 박용철(2013), 「운수산업 작업장 규칙 형성실태 연구 - 버스·택시·도시철도·철도」, 한국노총중앙연구원.
- 모창환(2013), “선진국의 교통복지정책 사례분석”, 월간교통, pp. 13-18.
- 민승기(2009), “저상버스 도입 운행의 경제성 분석 연구”, 버스교통, pp. 44-55.
- 백상근(2008), 「지하철역사 Barrier-free 시설의 실태분석과 조건부가치측정법

- 을 이용한 가치분석」, 부산대학교 석사학위논문.
- 송기욱, 박기준(2015), 「특별교통수단 효율성 제고를 위한 준특별교통수단 적정 비율 산정 연구」, 국토계획, 50(2), pp. 143-155.
- 서울특별시(2013), 「2013년도 정책자료집 저상버스 도입 사업」.
- 서울특별시(2014), 「2014년 시내버스 표준원가에 따른 운송비용 정산지침」.
- 신용은, 최혜미, 송기욱, 이희대(2014), “특별교통수단 이용자 통행패턴 분석”, 대한토목학회논문집, 34(1), pp. 213-221.
- 윤대식, 신길수(2010), “교통약자의 유형별 통행특성 및 통행수단 분석에 관한 연구”, 국토연구, pp. 25-45.
- 이재석(2010), 「장애인의 이동권과 저상버스의 사회적 구성과정(서울시 사례를 중심으로)」, 경북대학교 석사학위논문.
- 이지수(2015), 「인간공학 측면을 고려한 의료용 보행보조기 디자인에 관한 연구」, 동명대학교 석사학위논문.
- 조규석, 박원일(2012), 「저상버스 도입 확대에 따른 지원방안 연구」, 한국운수산업연구원.
- 조영길, 정세영(2014), “중증장애인의 저상버스 이용 실태 및 요구 분석”, 한국지체·중복·건강장애교육학회 지체·중복·건강장애연구, 57(3), pp. 297-312.
- 조한상, 조성태, 박영일, 이장무(1998), “자동화 변속기를 장착한 하이브리드 버스의 변속 특성 해석과 승차감 향상에 관한 연구”, 자동차공학회 춘추계 학술대회 논문집, pp. 865-871.
- 최병로(2009), 「대중교통이용 교통약자 통행특성에 관한 연구」, 인천대학교 석사학위논문.
- 통계청(2014), 「2013-2040 장애인구추계 시도편(2014년 12월 추계)」
- Alice, M.(2007), 「The economic appraisal of transport projects: the incorporation of disabled access」, Cranfield University 박사학위논문
- Balcombe, R., Mackett, R., Paulley, N., Shires, J., Titheridge, M., Wardman, M. and White, P.(2004), 「The Demand for public transport: a

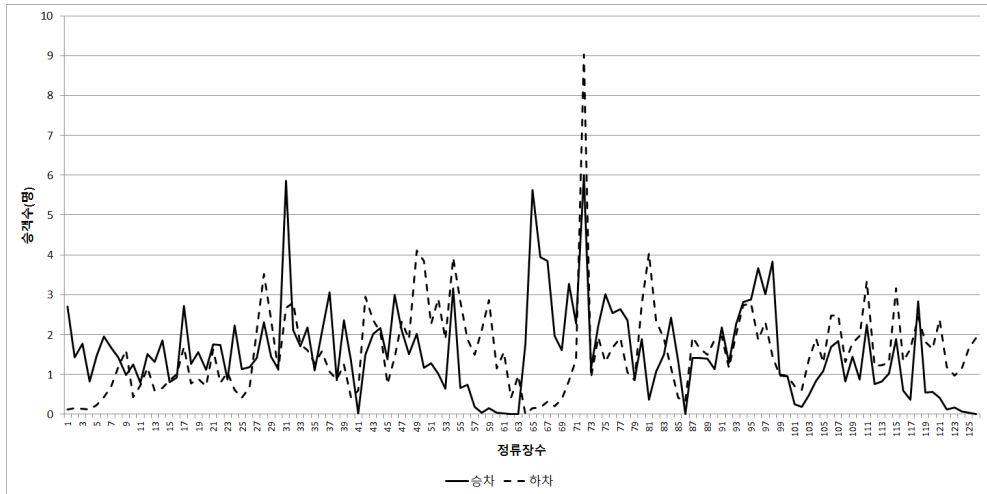
- practical guide」, TRL REPORT 593, p.86.
- Beard, J., Hurst, N., Health-Brook, C., Wardman, M., Batley, R., and Gordon, A.(2013), 「Valuing the social impacts of public transport」, Department for Transport.
- Canadian Urban Transit Association(CUTA, 2013), 「Value Case for Accessible Transit in Canada」.
- Daamen, W., Bovy, P. H. L. and Hoogendoorn, S. P.(2006), “Choice between Stairs, Escalators and Ramps in Stations”, Computers in Railways X.
- Danneskiold-Samsøe, B., Bartels, E. M., Bülow, P. M., Lund, H., Holm, C. C., Wätjen, I., Appleyard, M., and Bliddal, H.(2009), “Isokinetic and isometric muscle in a healthy population with special reference to age and gender”, Acta Physiological 197(s673), pp. 1-68.
- Douglas Economics(2006), 「Passenger Ratings and Improvement Priorities 2004-05 Survey Results」, Report for RailCorp.
- Douglas Economics(2008), 「Values and Demand Effect of Rail Service Attributes」, Report for RailCorp.
- Fearnly, N., Flugel, S. and Ramjerdi, F.(2011), “Passengers’ valuation of universal design measures in Public transportation”, TR Business & Management.
- Hensher, D. A. and Prioni, P.(2002), “A Service Quality Index for Aera-wide Contract Performance Assessment”, Journal of Transport Economics and Policy, 36(1), pp. 93-113.
- Hugo, J. S. and Stanbury, J.(2001), “Toward the Introduction of Low Floor Bus Technology in South African Cities”, 20th South African Transport Conference.
- Institute of Urban Studies(2009), “Transportation Structures”, Government of Canada.

- John, B. and Appleby, L.(1986), “A Comparative Study of Special Transport for Disabled People in Britain”, CONTRACTOR REPORT 13.
- Karekla, X., Fujiyama, T. and Tyler, N.(2011), “Evaluating accessibility enhancements to public transport including indirect as well as direct benefits”, TR Business & Management.
- King, R. D.(1994), Synthesis of Transit Practice 2 - Low-Floor Transit Buses, Transportation Research Board National Research Council.
- Levine, J. C. and Torng, G. W.(1994), “Dwell-Time effects of Low-Floor Bus Design”, Journal of Transportation Engineering, 120(6), pp. 914-929.
- Litman, T.(2015), 「Evaluating Transportation Equity」, Victoria Transport Policy Institute.
- Lyche, L. and Hervik, A.(2001), “A Cost Efficiency Approach to Universal Access for Public Transport for Disabled People”, Møre Research Molde.
- Maynard, A.(2007), 「The Economic Appraisal of Transport Projects: The Incorporation of Disabled Access」, Cranfield University, 박사학위 논문.
- Odeck, J., Hagen T. and Feamley, N.(2010), “Economic Appraisal of Universal Design in Transport: Experiences from Norway”, TRE.
- Rosenbloom, S.(2003), “Increasing Accessible Taxi Options for People with Disabilities”, TRB.
- Suen, L. S., Smith, T. N., Richard, Z. M., and Struthers, S.(1999), “Accessible Transportation Technology Transfer Program”, Transport Research Record, pp. 48-55.
- Transport for London(2013), 「Business Case Development Manual」, TfL Programme Management Office, p. E-8.
- Waara, N.(2009), “Older and disabled people’s need and valuation of traveller

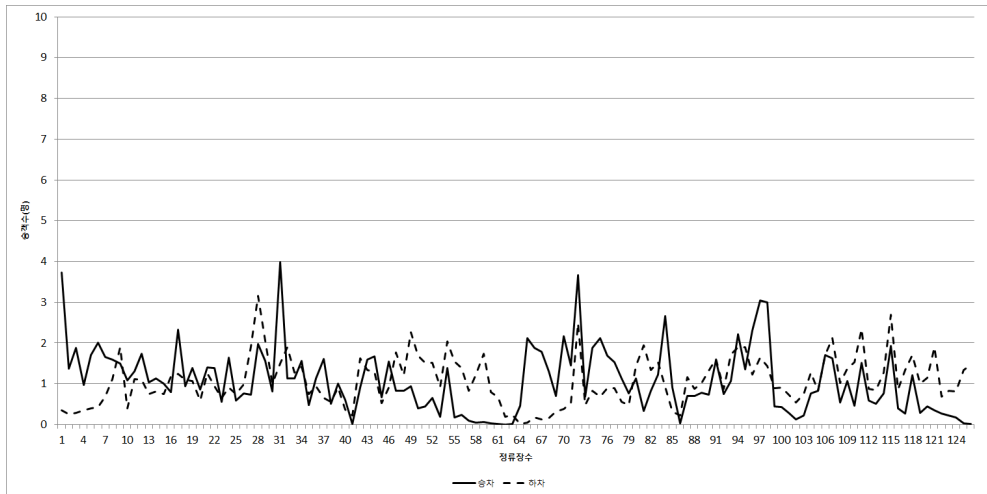
information in public transport”, Proceeding of The Association for European Transport Conference, pp. 1-21.

York, I. and Balcombe, R.J.(1998), 「Evaluation of Low-Floor Bus Trials in London and North Tyneside」, TRL REPORT 271.

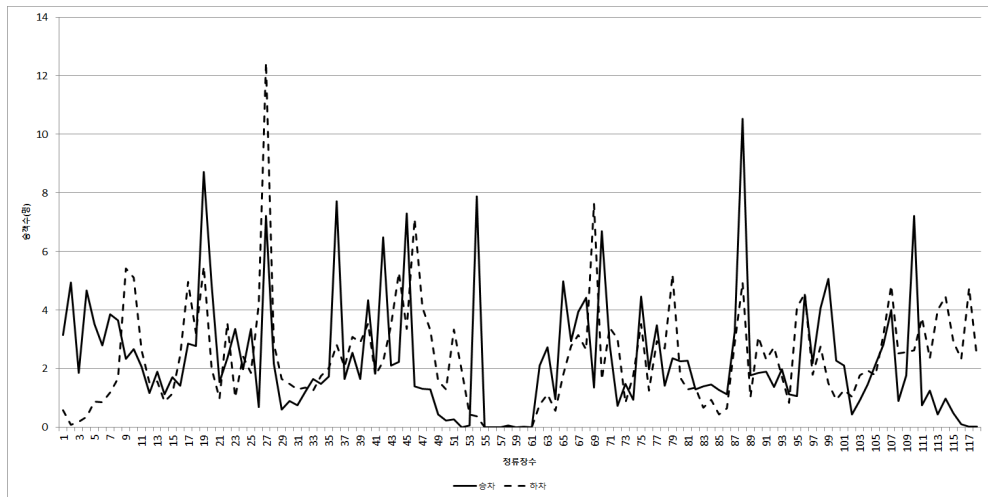
[부록1] 노선별 1회 운행할 때 승하차 승객 분포



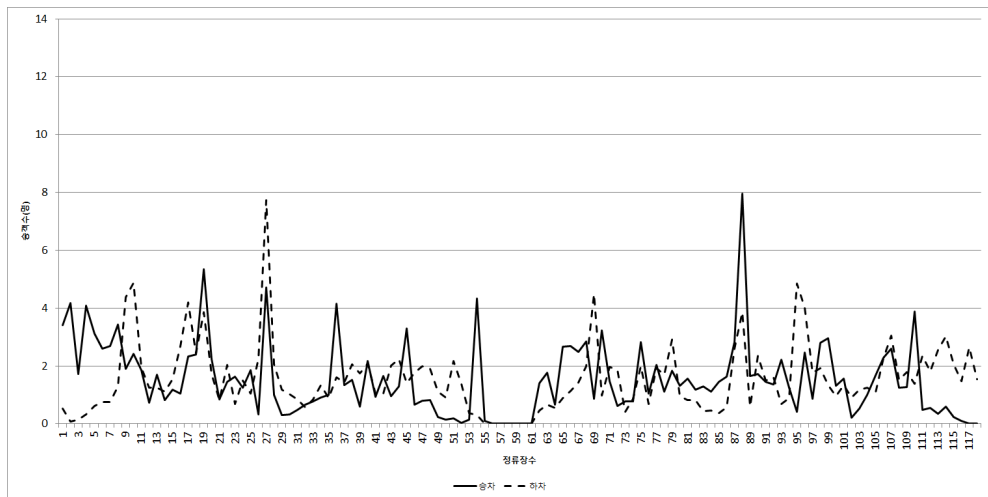
<부록 그림 1-1> 150번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



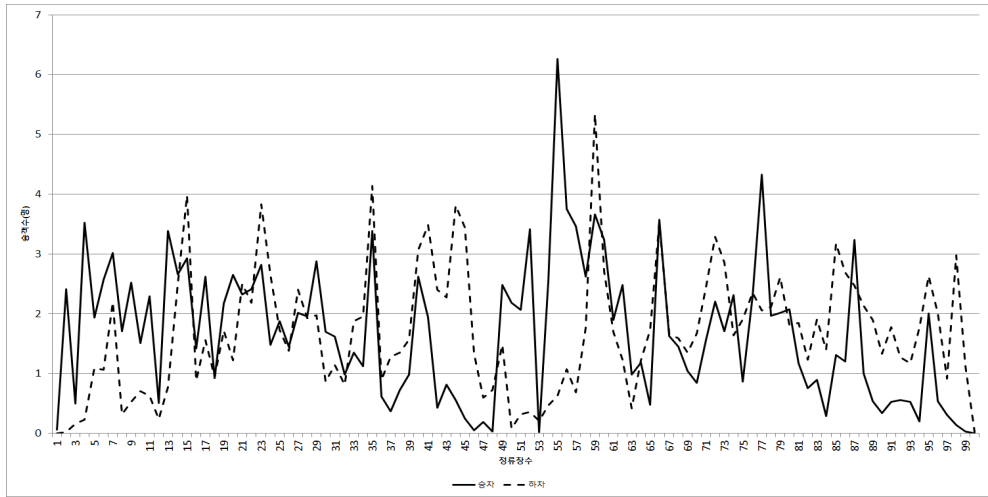
<부록 그림 1-2> 150번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



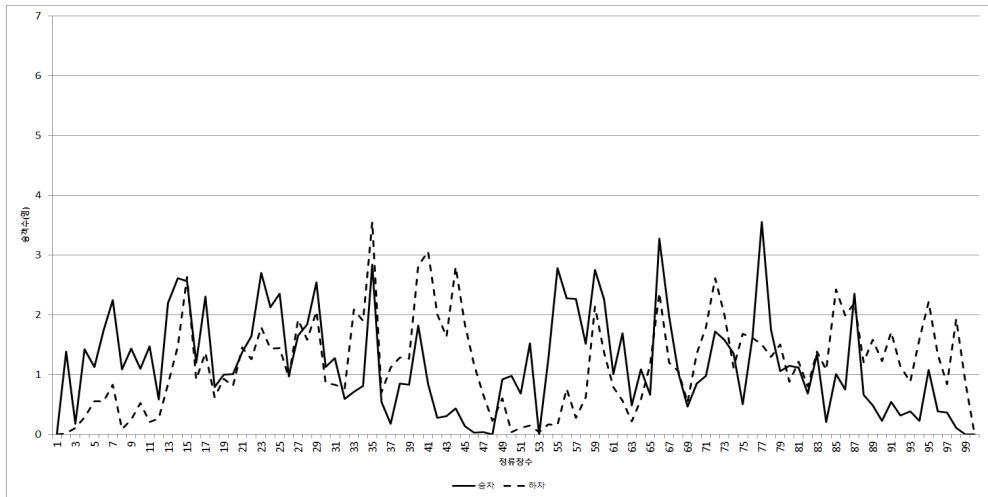
<부록 그림 1-3> 143번 첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



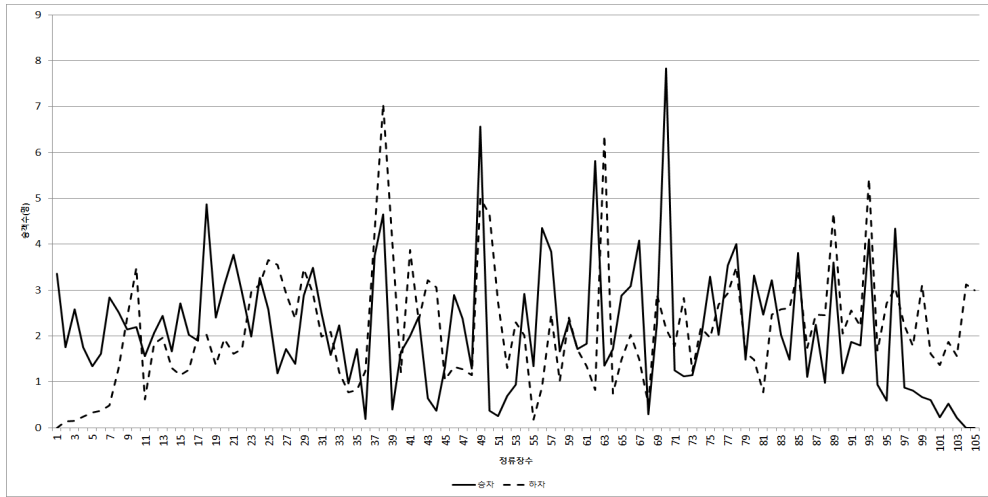
<부록 그림 1-4> 143번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



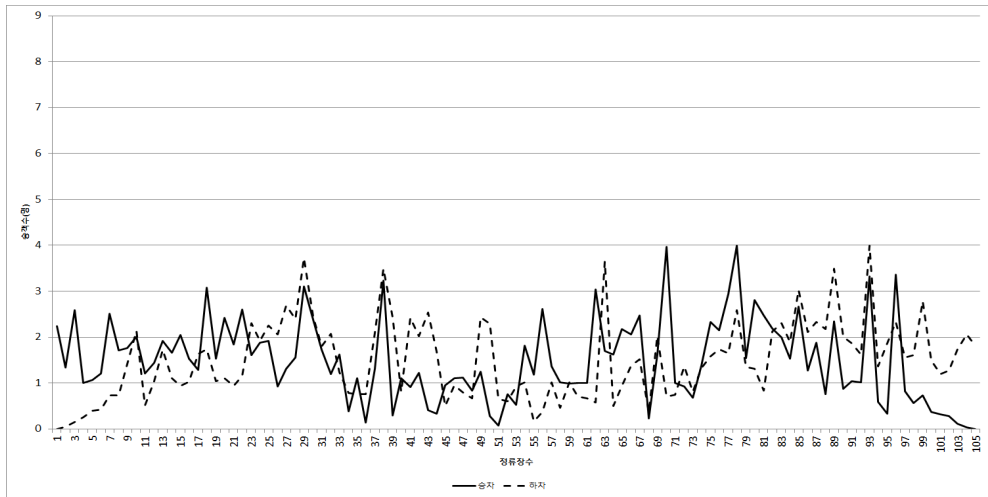
<부록 그림 1-5> 270번 첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



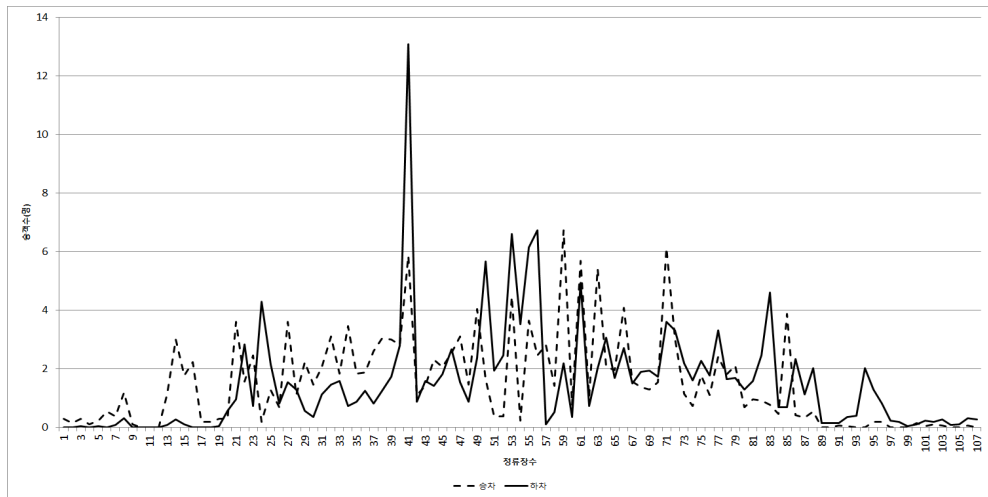
<부록 그림 1-5> 270번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



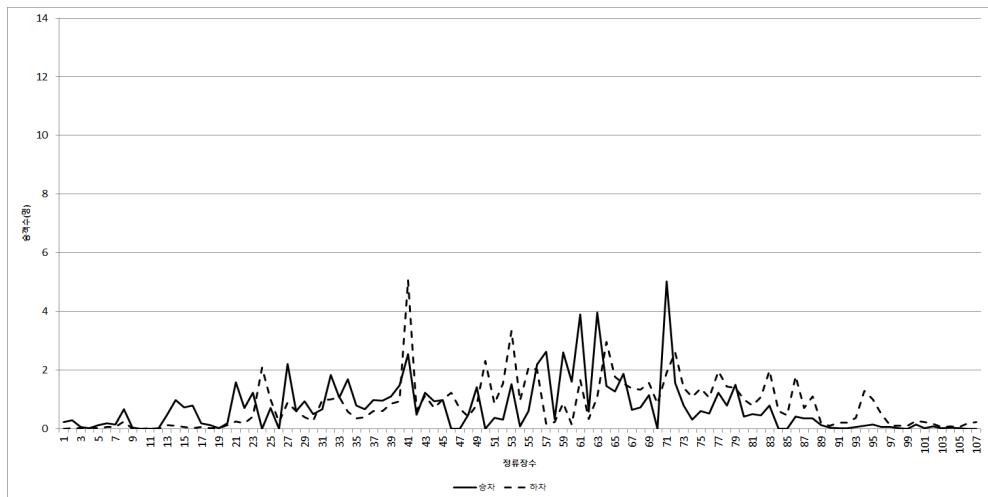
<부록 그림 1-7> 142번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



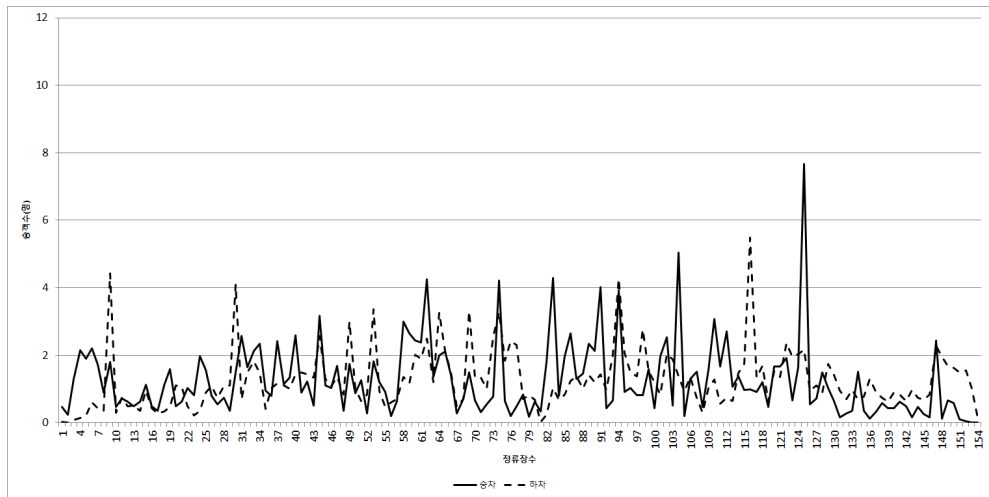
<부록 그림 1-8> 142번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



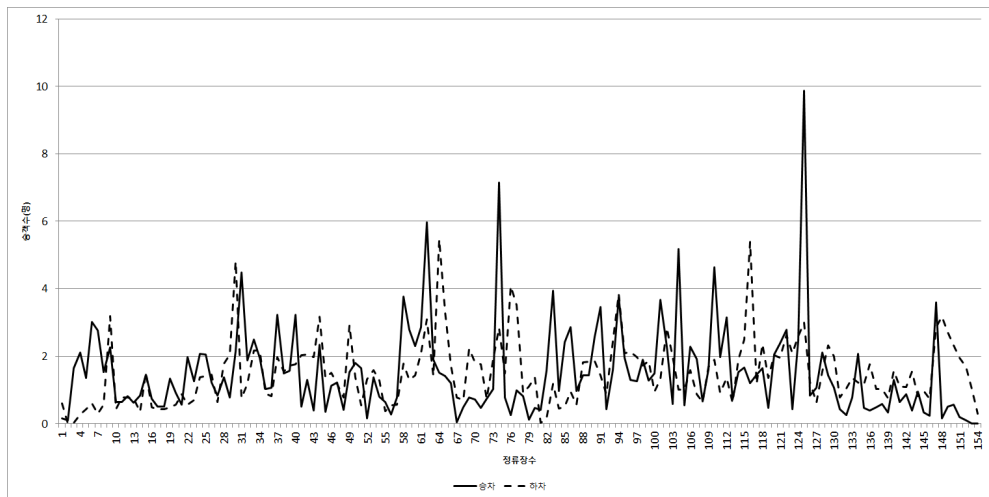
<부록 그림 1-9> 5633번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



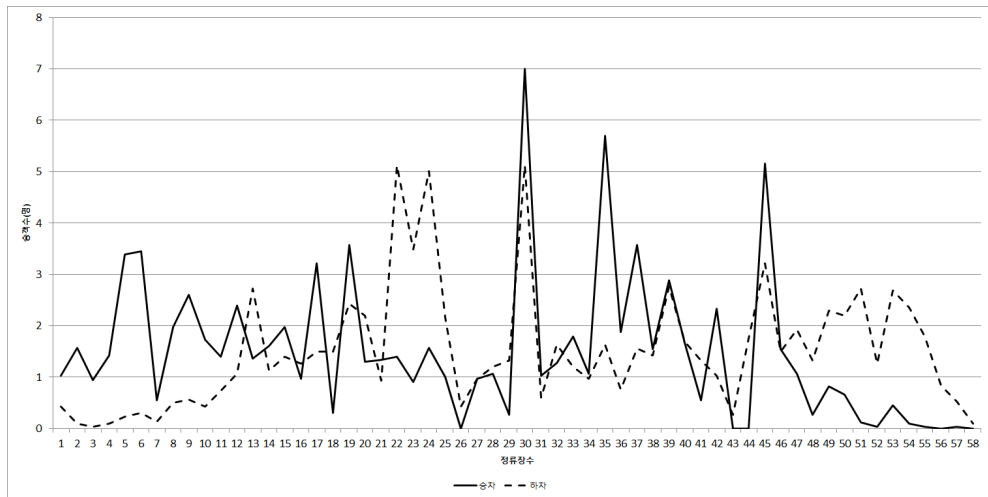
<부록 그림 1-10> 5633번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



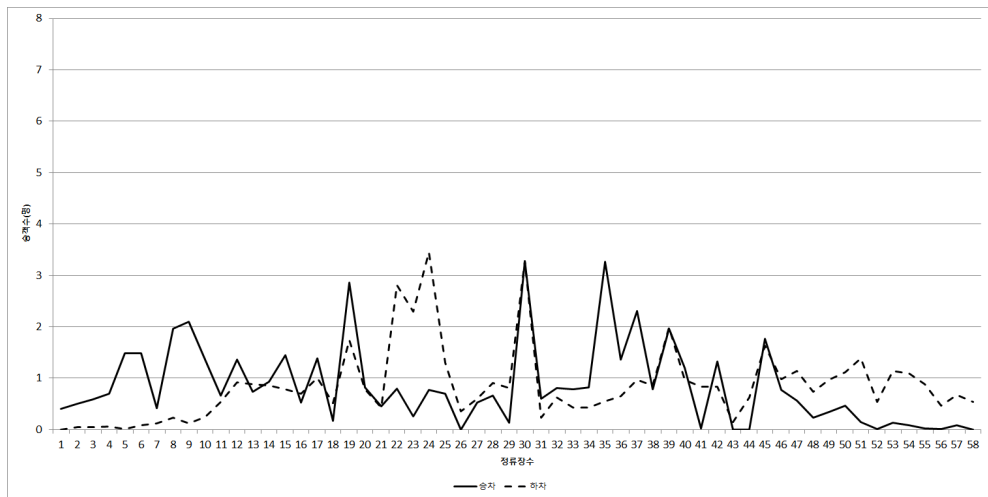
<부록 그림 1-11> 2016년 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



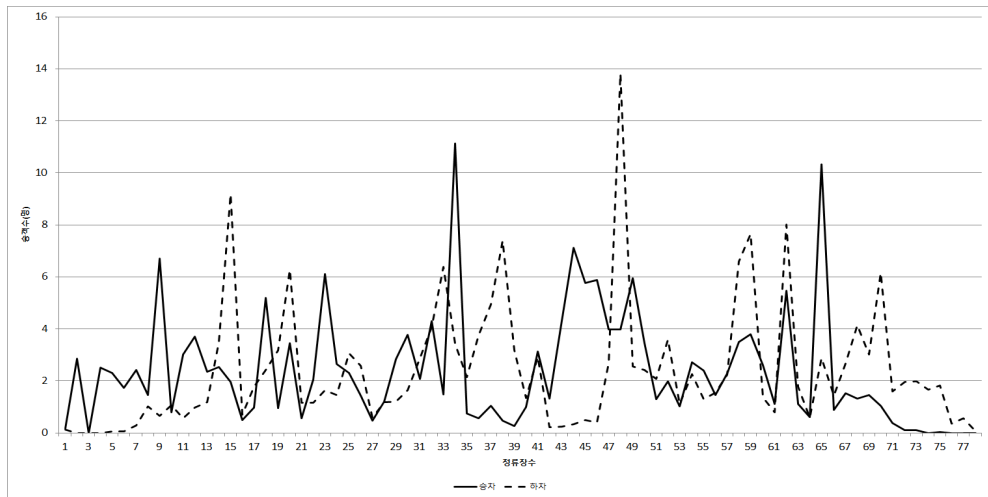
<부록 그림 1-12> 2016년 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



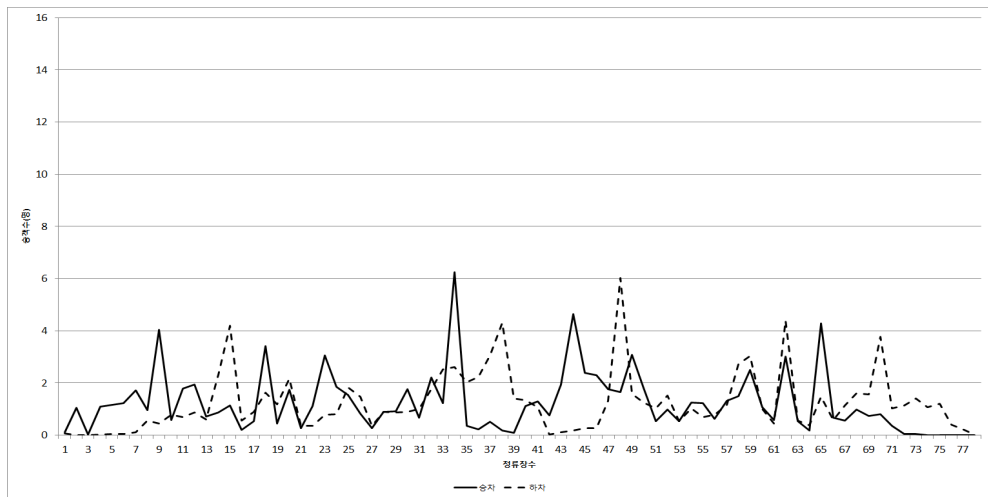
<부록 그림 1-13> 3214번 첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



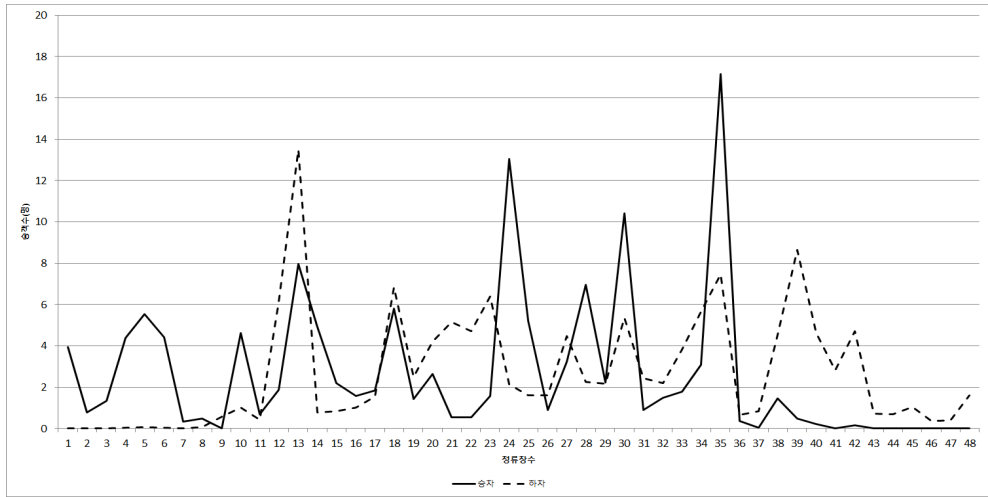
<부록 그림 1-14> 3214번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



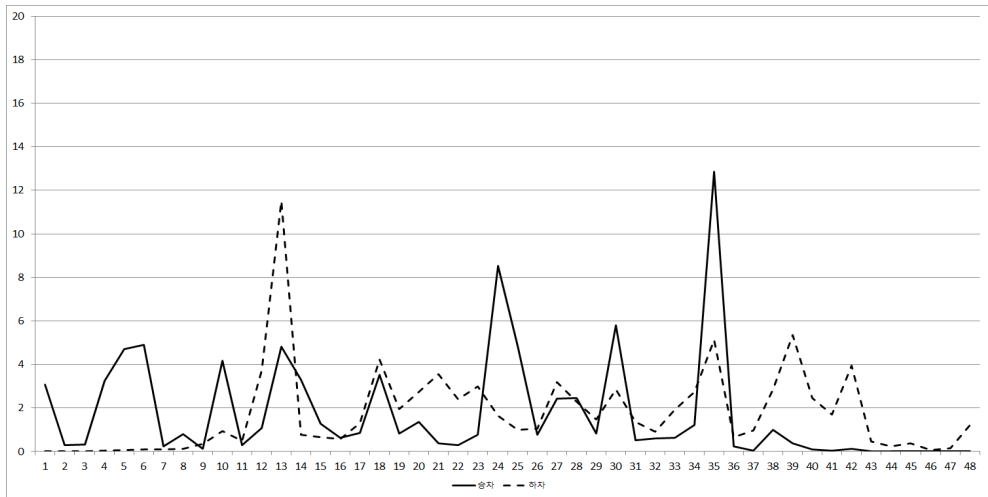
<부록 그림 1-15> 6513번 첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



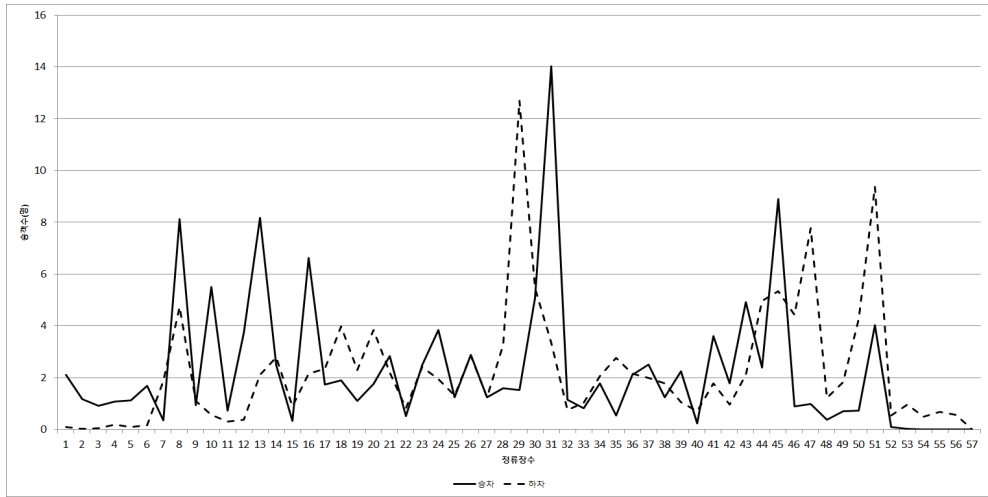
<부록 그림 1-16> 6513번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



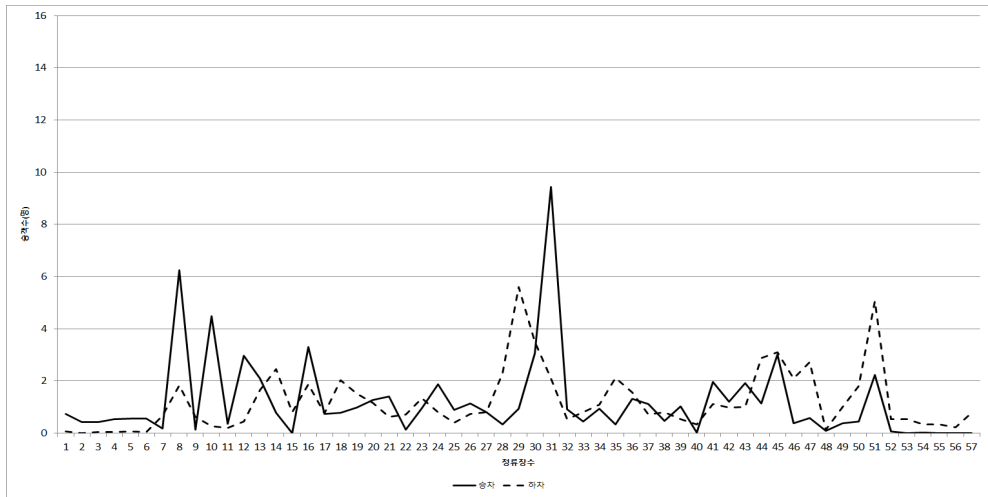
<부록 그림 1-17> 5511번 첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



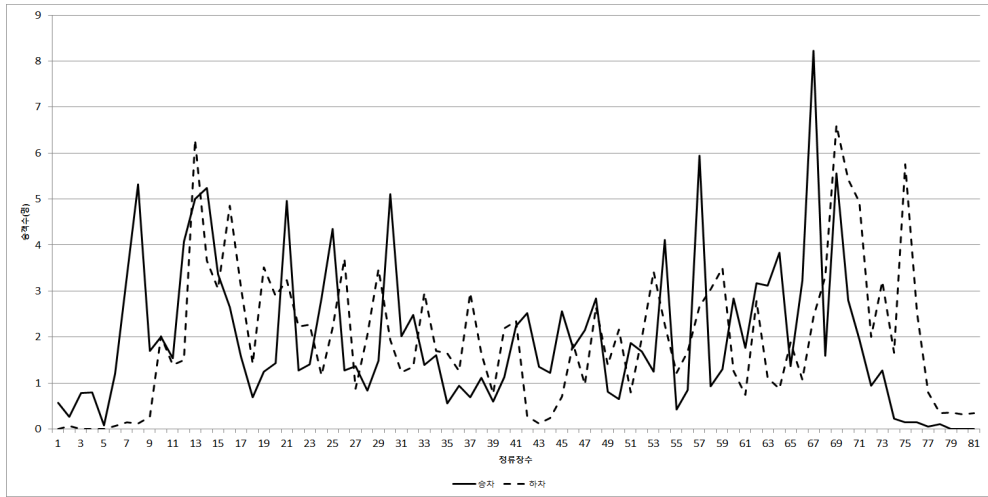
<부록 그림 1-18> 5511번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



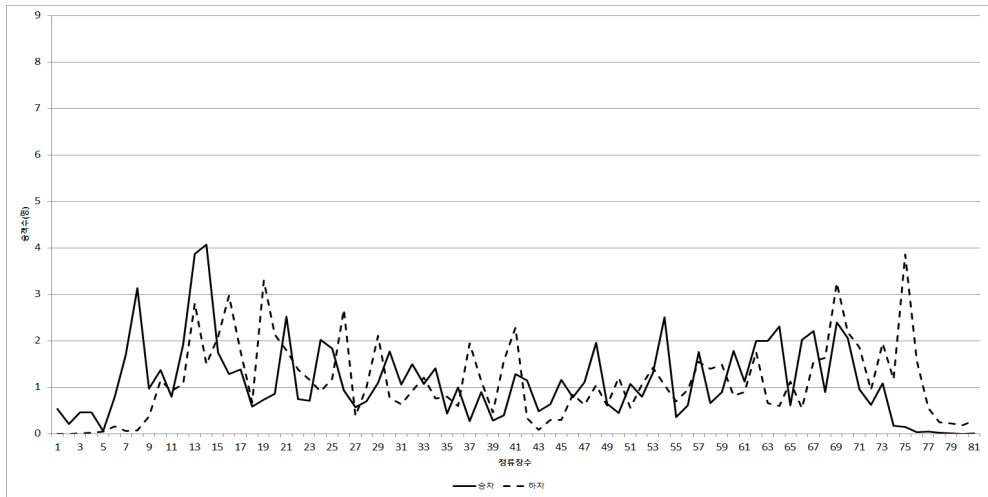
<부록 그림 1-19> 1132번 첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



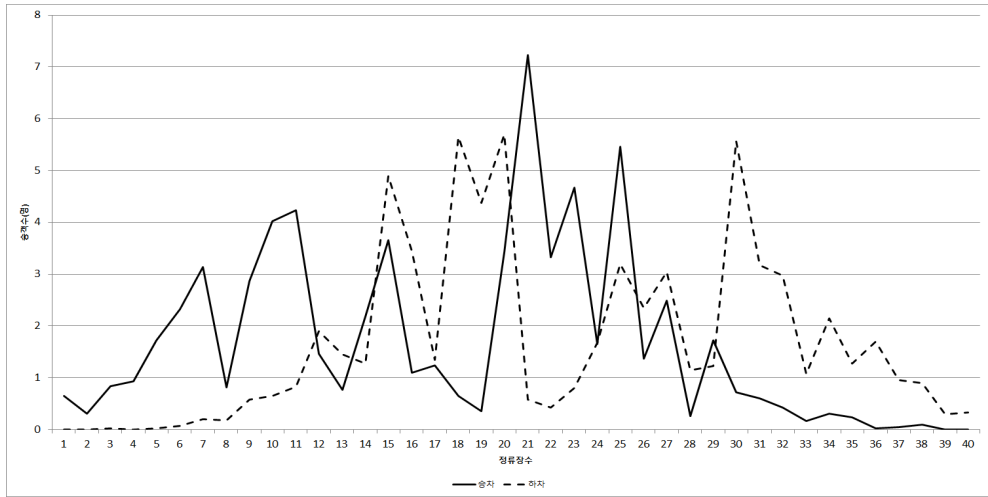
<부록 그림 1-20> 1132번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



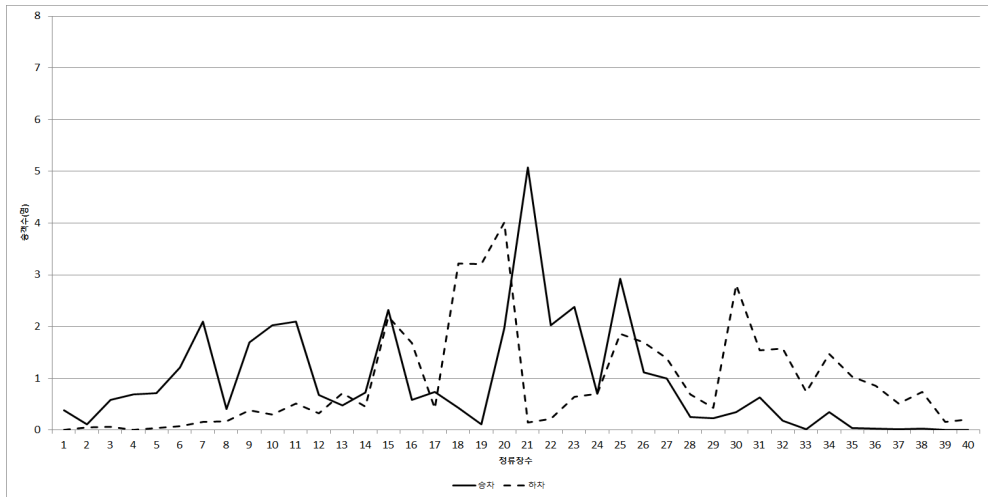
<부록 그림 1-21> 4412번 첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴



<부록 그림 1-22> 4412번 비첨두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴

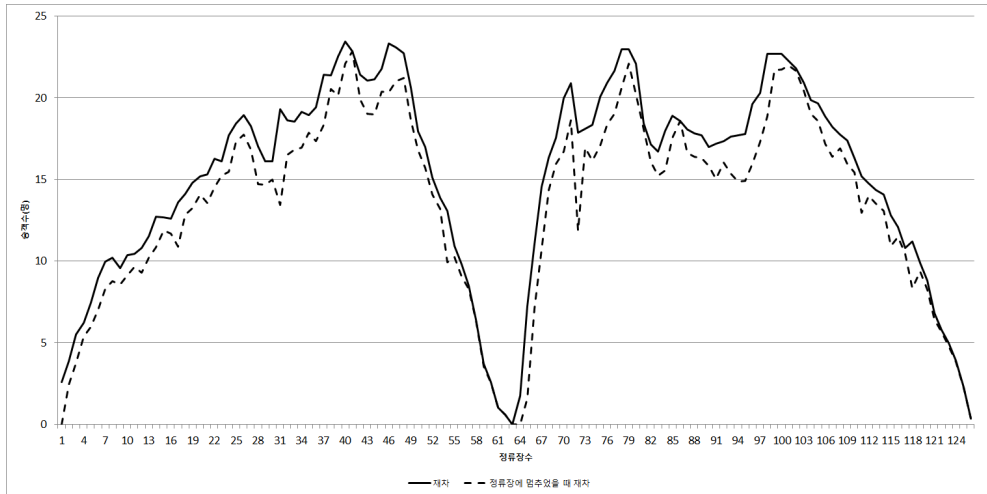


<부록 그림 1-23> 3316번 침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴

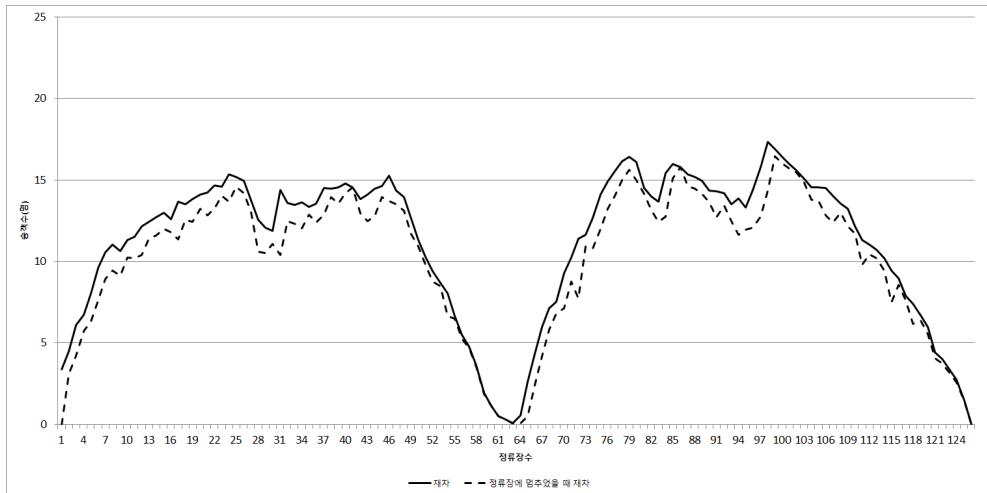


<부록 그림 1-24> 3316번 비침두 1회 운행할 때 승객의 승하차 패턴

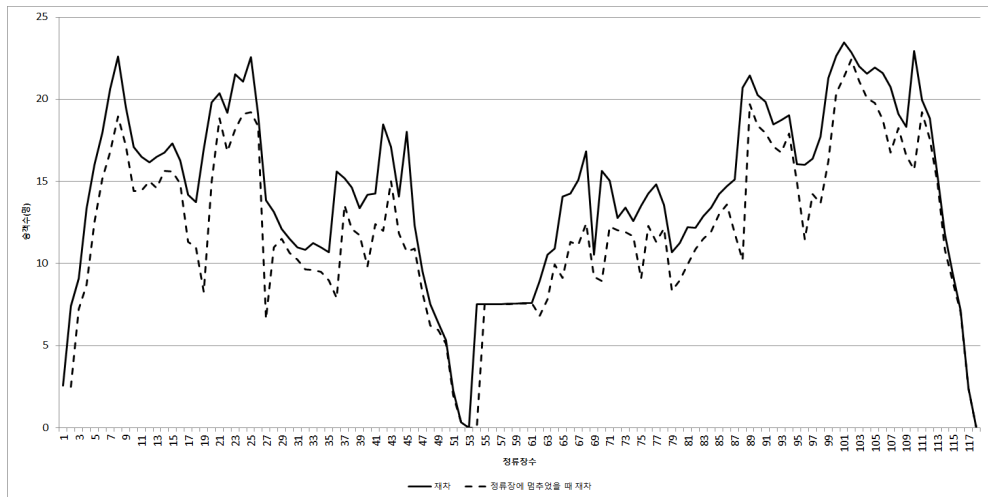
[부록2] 노선별 1회 운행할 때 재차인원 분포



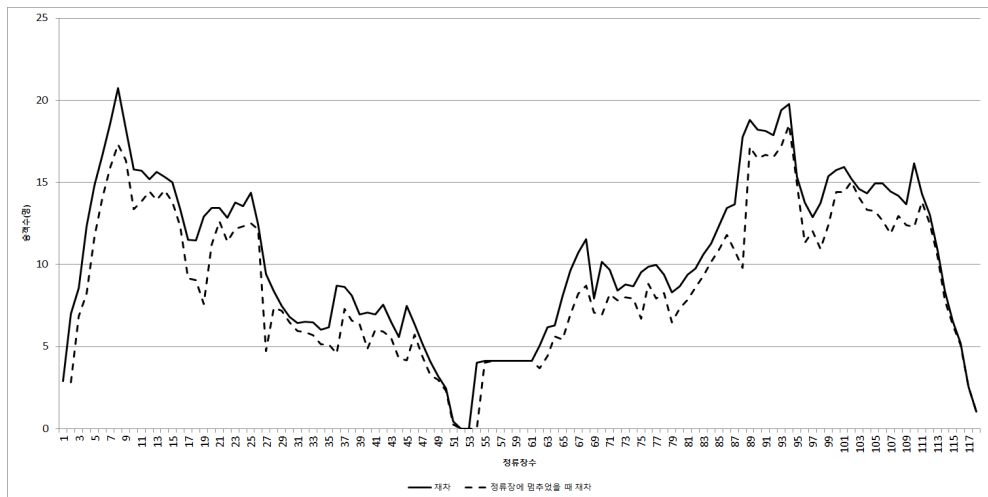
<부록 그림 2-1> 150번 침두 1회 운행할 때 재차인원 분포



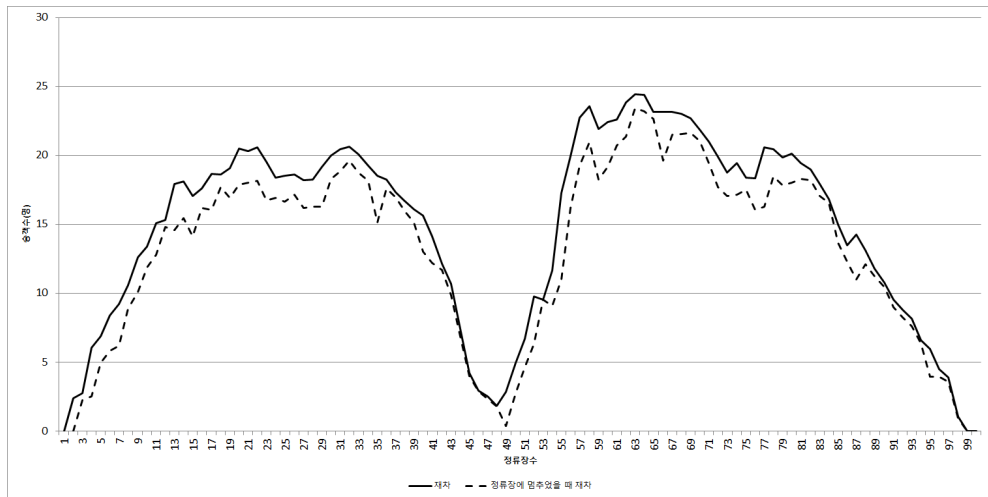
<부록 그림 2-2> 150번 비침두 1회 운행할 때 재차인원 분포



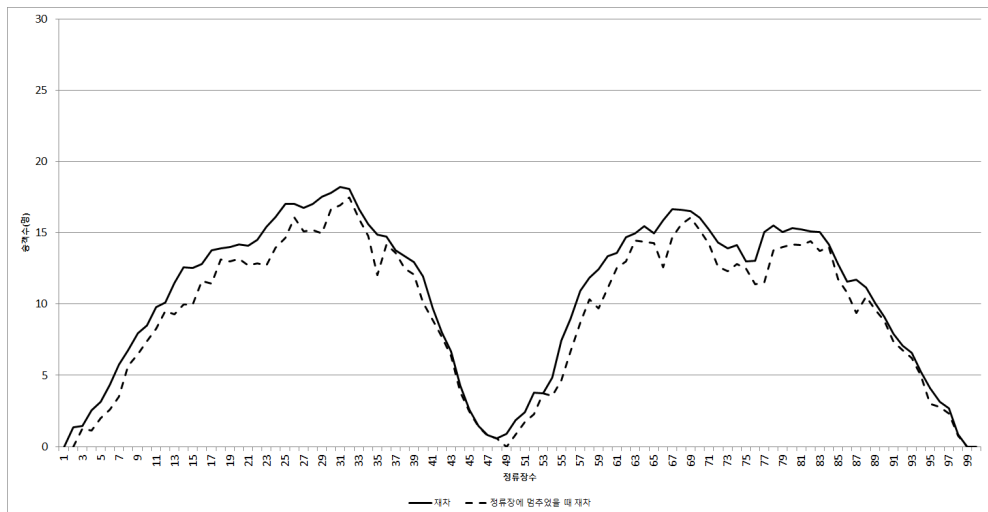
<부록 그림 2-3> 143번 첫두 1회 운행할 때 재차인원 분포



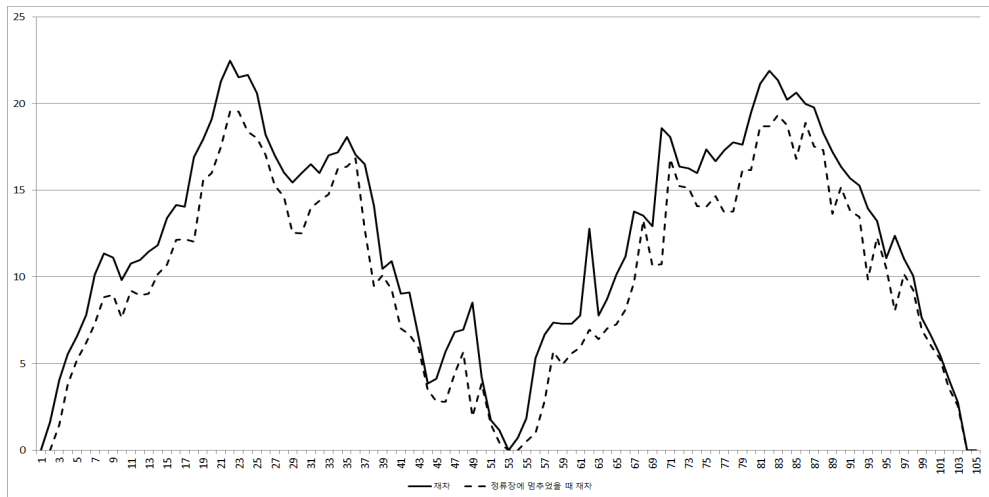
<부록 그림 2-4> 143번 비첫두 1회 운행할 때 재차인원 분포



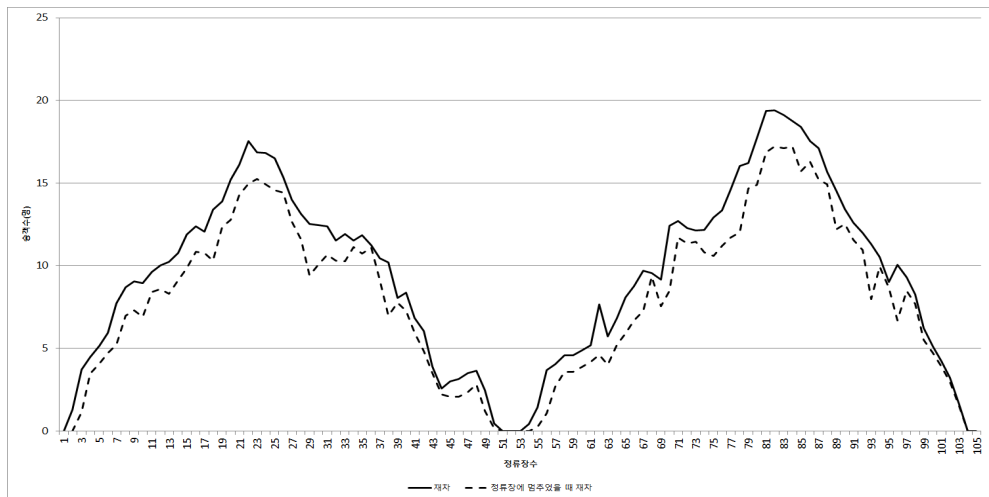
<부록 그림 2-5> 270번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



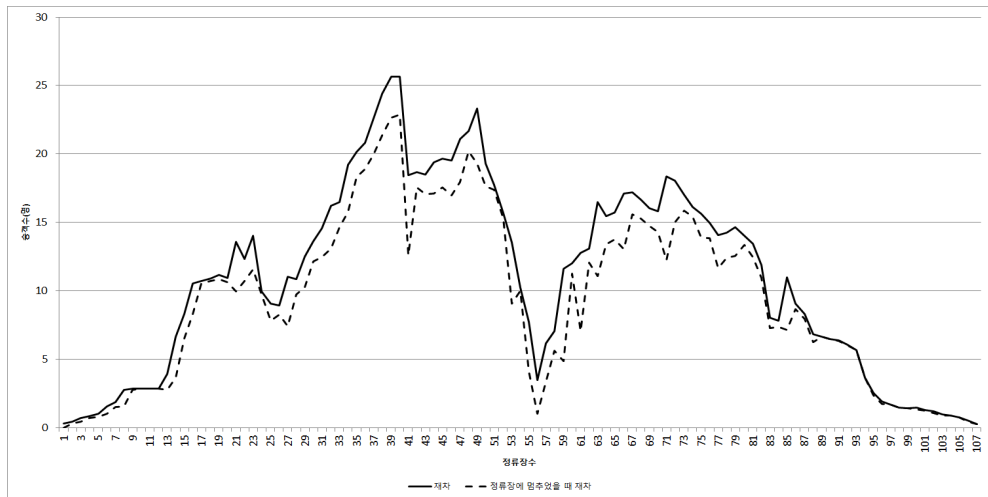
<부록 그림 2-6> 270번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



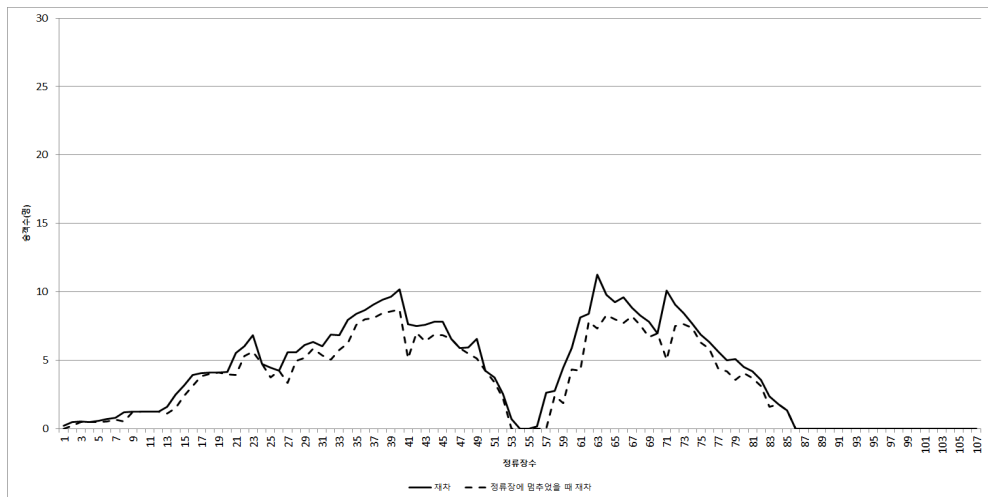
<부록 그림 2-7> 142번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



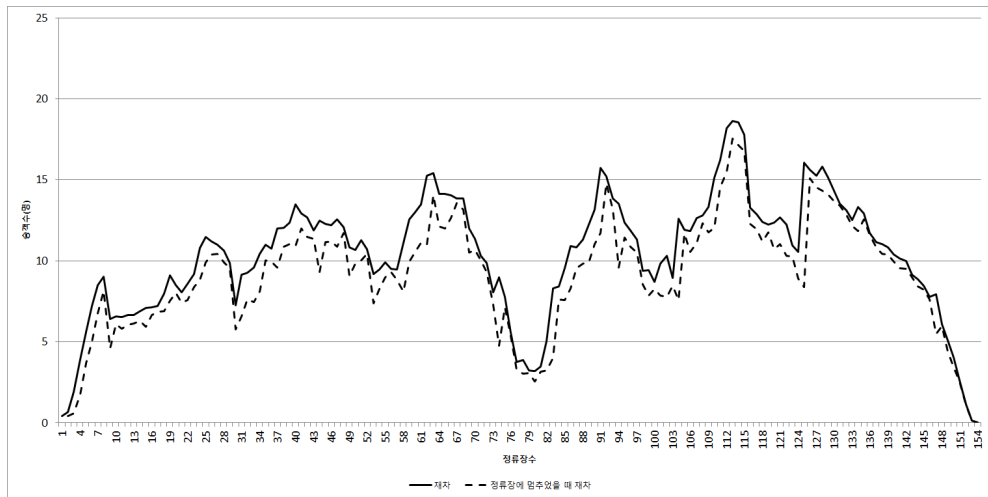
<부록 그림 2-8> 142번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



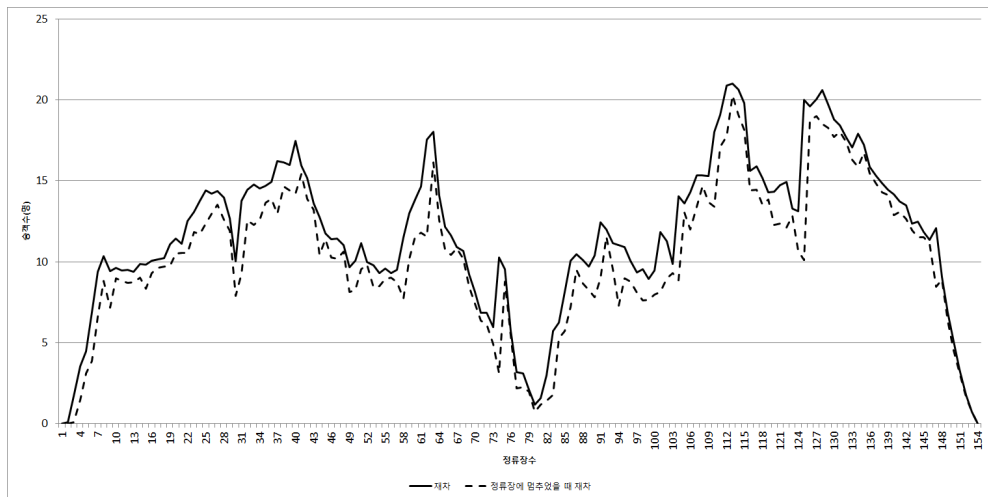
<부록 그림 2-9> 5633번 침두 1회 운행할 때 재차인원 분포



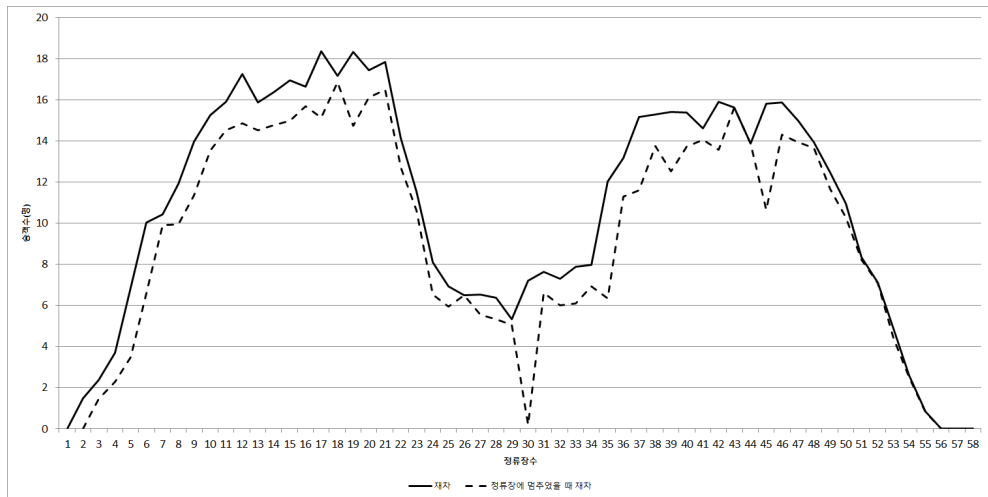
<부록 그림 2-10> 5633번 비침두 1회 운행할 때 재차인원 분포



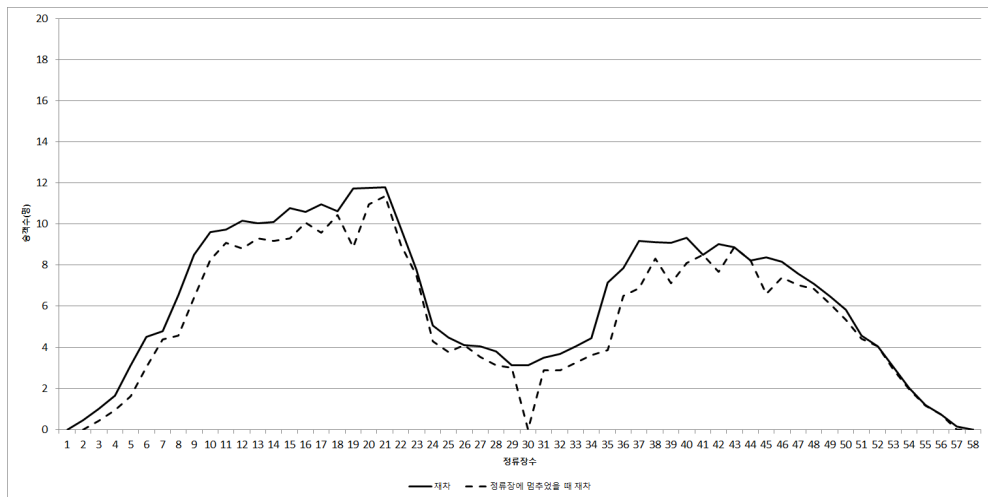
<부록 그림 2-11> 2016년 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



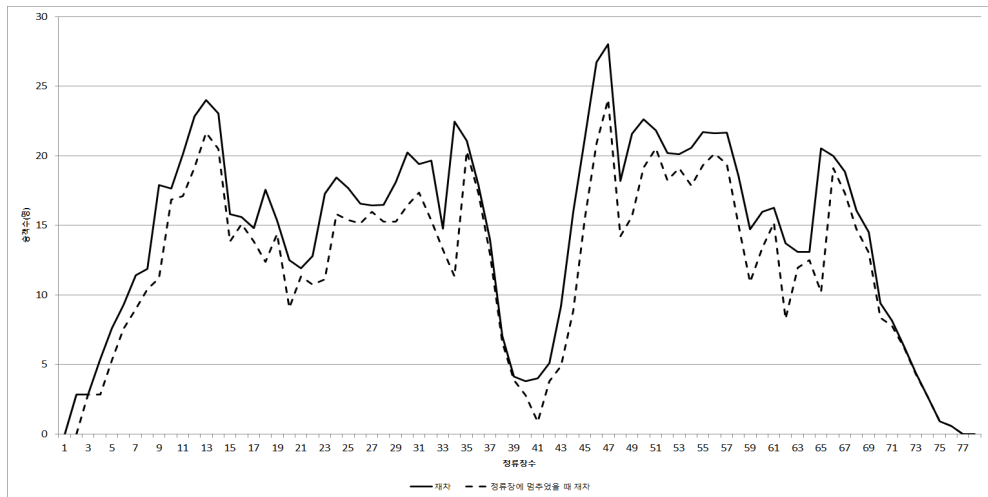
<부록 그림 2-12> 2016년 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



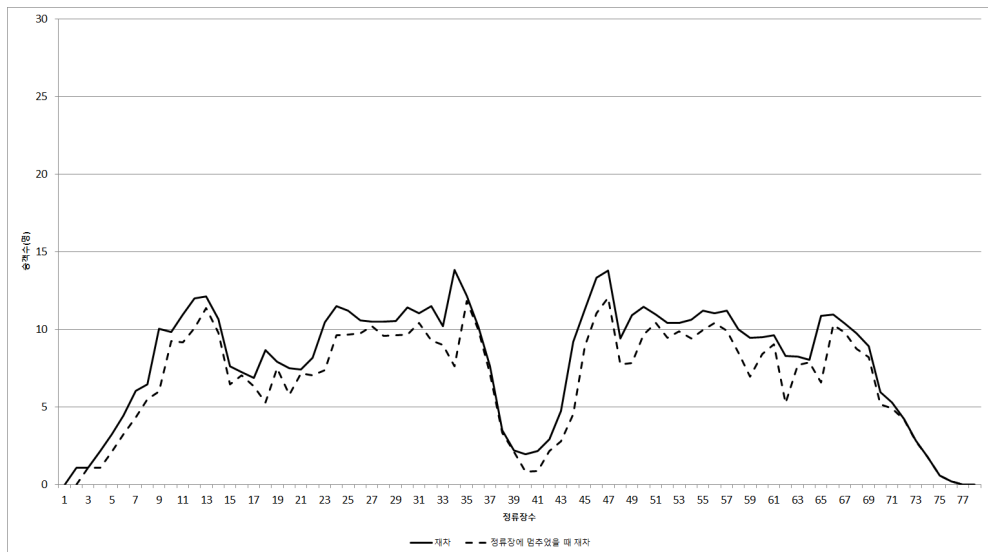
<부록 그림 2-13> 3214번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



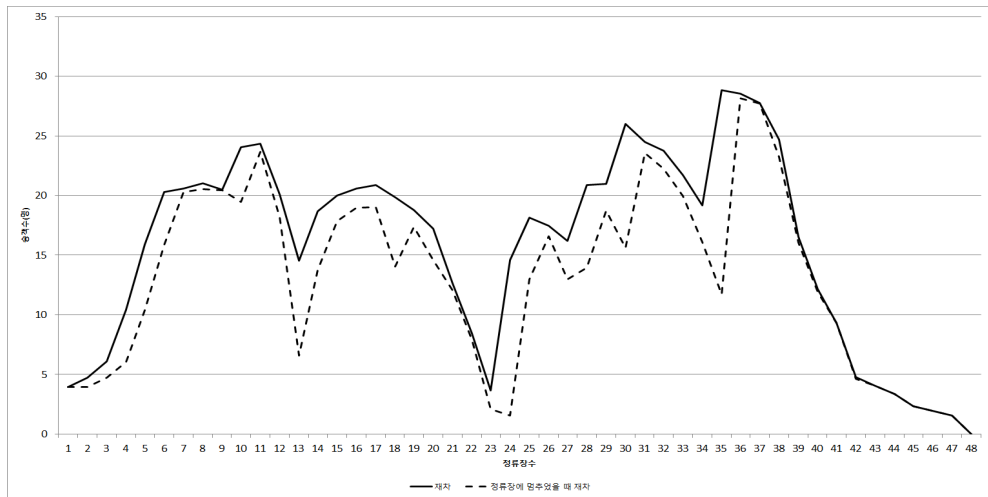
<부록 그림 2-14> 3214번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



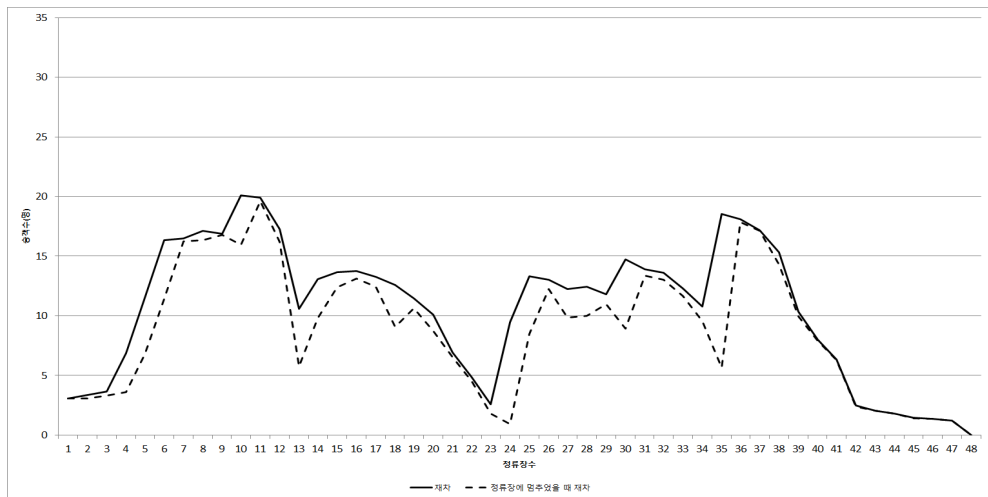
<부록 그림 2-15> 6513번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



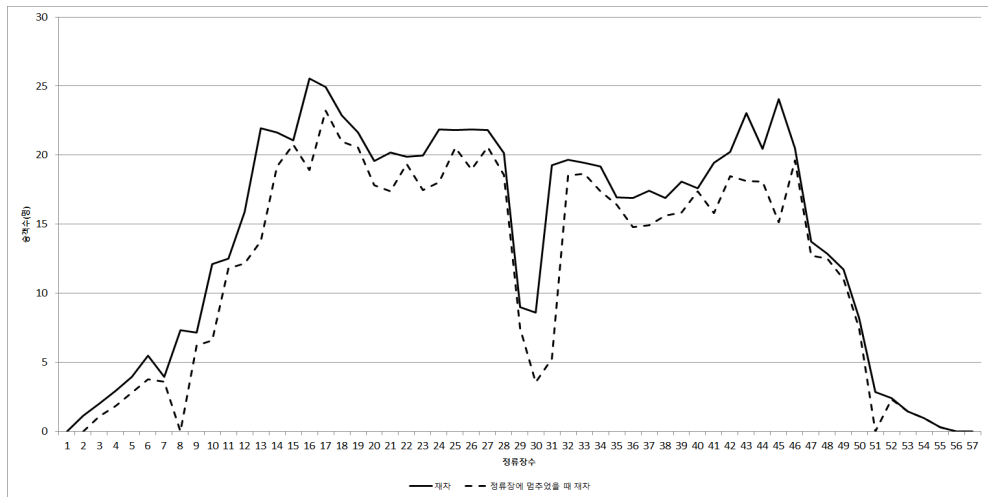
<부록 그림 2-16> 6513번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



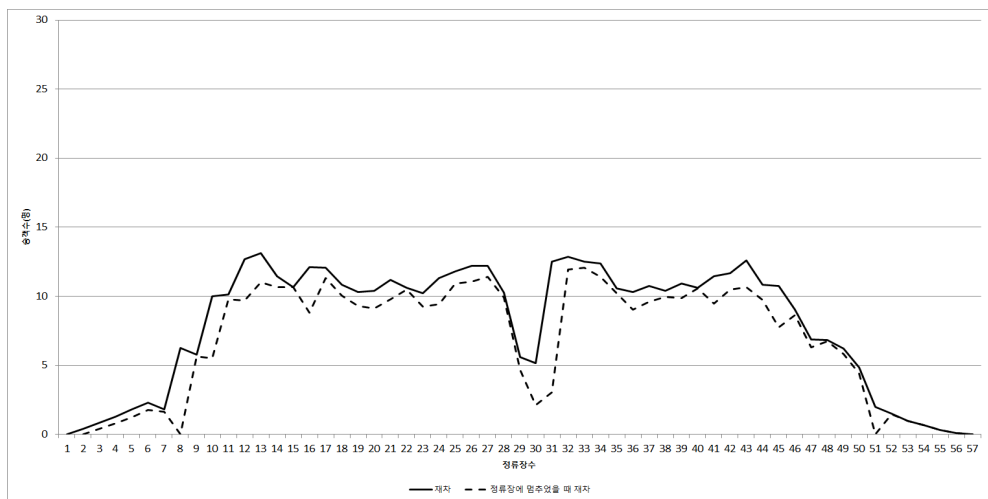
<부록 그림 2-17> 5511번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



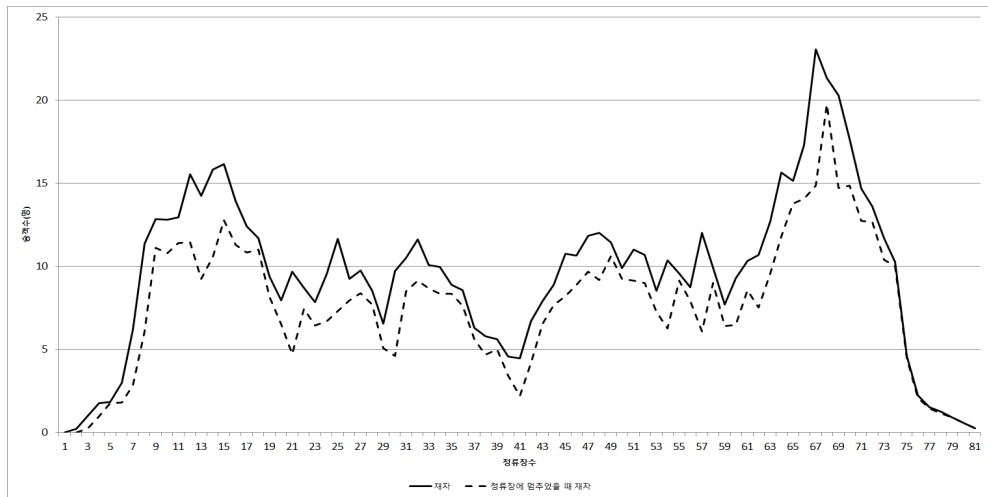
<부록 그림 2-18> 5511번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



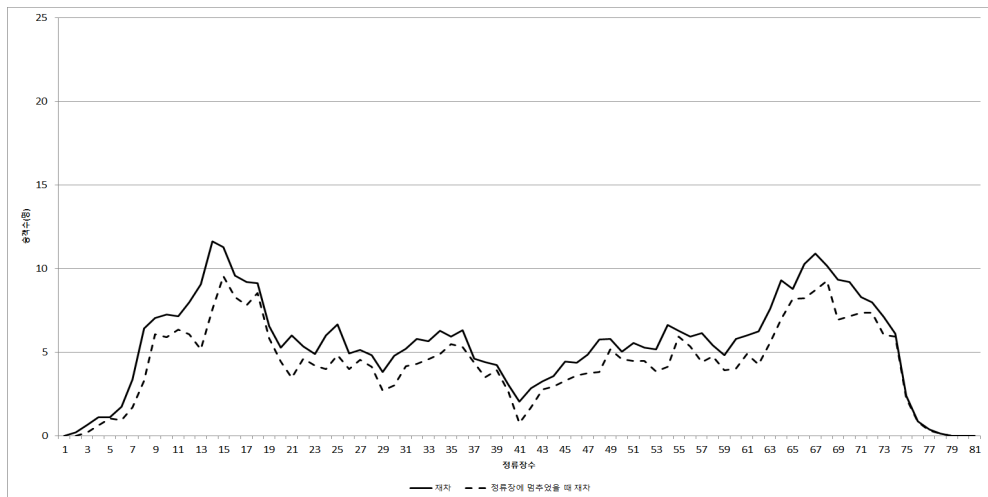
<부록 그림 2-19> 1132번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



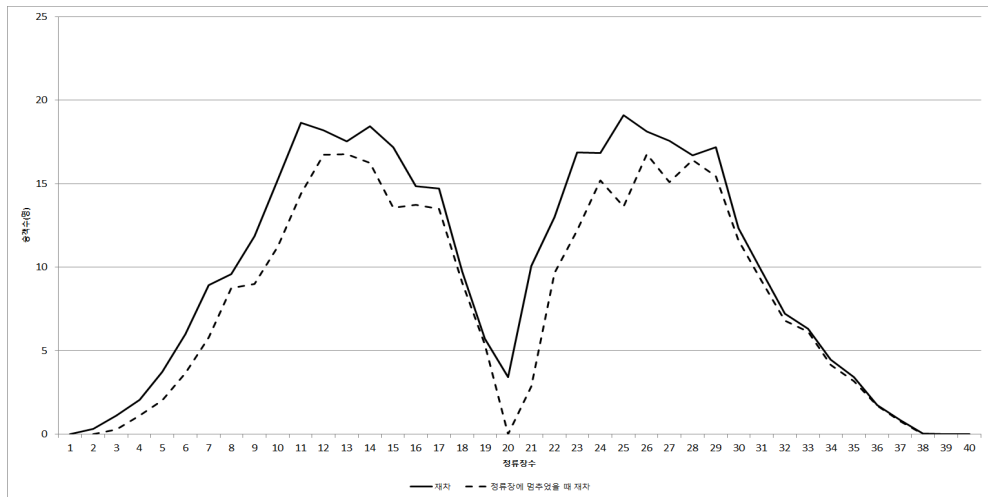
<부록 그림 2-20> 1132번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



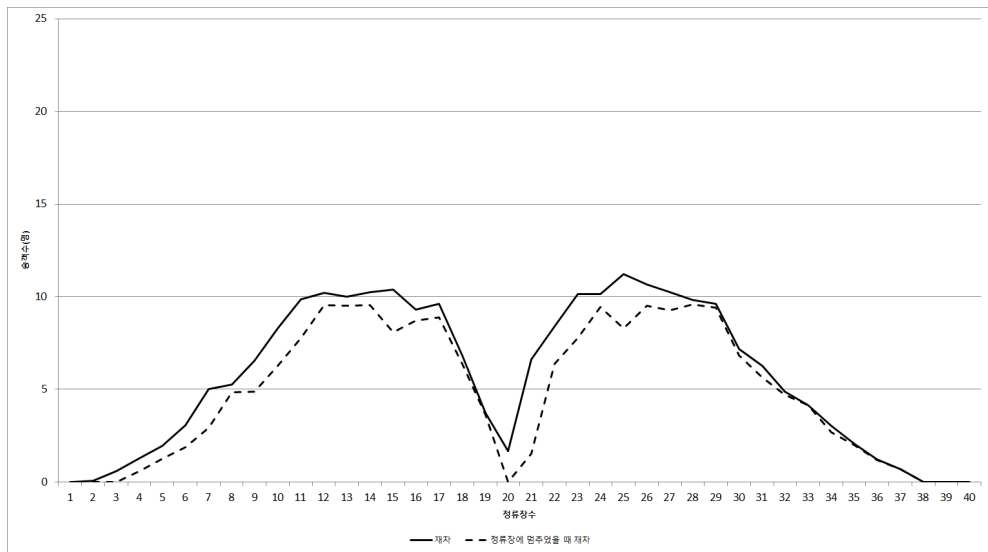
<부록 그림 2-21> 4412번 첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



<부록 그림 2-22> 4412번 비첨두 1회 운행할 때 재차인원 분포



<부록 그림 2-23> 3316번 청두 1회 운행할 때 재차인원 분포



<부록 그림 2-24> 3316번 비청두 1회 운행할 때 재차인원 분포

Abstract

Economic Benefits Estimation of Low-Floor Buses in Seoul

Kim, Young Don

Department of Environmental Planning

The Graduate School of Environmental Studies

Seoul National University

Low floor buses allow for mobility impaired usage. Wheelchair users can not take an ordinary bus due to the stairs prohibiting access. A low-floor bus does not have steps, thus permitting boarding by wheelchair bound passengers. The cost for buying low-floor bus is more expensive than ordinary buses. Although the cost for buying low-floor is expensive and the primary purpose to use a low-floor is mainly the right of the mobility impaired passengers' movement, able bodied passengers also derive from low-floor buses. The thesis estimates the benefits through the observation of the operation of a low-floor bus in Seoul.

The period of benefit estimation spans, 11 years, which is legal maximum endurance period for a bus. It supposes that the passenger

ratio of the elderly increases with current demographic trends. Previous research on this topic such as, studies on the convenience of a low-floor bus, the passenger's value of low-floor bus and the differences between ordinary bus and low-floor bus etc, have been done. However, studies on the benefits of a low-floor bus operation are insufficient.

Seven factors were observed with the use of a low-floor bus. Three of the seven are positive, with two out of those three being reduced travel time for the passenger and reduced driving time for the operator. Another added benefit is the increased comfort of such buses.. Four of the seven factors associated are negative. Two of the four are increased maintenance and tire cost due to a more complex bus structure. The other 2 negative factors are increased fuel cost and higher emissions.

For estimating the advantages and disadvantages of cost, bus passengers are divided into four passenger categories. The passenger categories are a) below 65-year-old and non-disabled , b) below 65-year-old and disabled, c) above 65-year-old and non-disabled and d) above 65-year-old and disabled passenger type. Census data is applied for dividing passenger types.

Using smart card data from May 22nd , 2013 is also analyzed for the estimation. Bus types are classified by arterial line, and feeder line ,where the starting station and last station is the same zone, and other feeder lines. Each of bus line types selects four bus lines. The boarding time, boarding bus station, alighting time and alighting bus station are all analyzed. Passenger patterns regarding boarding or

alighting and the pattern of the number of passengers in the bus etc. is analyzed use the same data. According to the analysis, saved time boarding or alighting time is analyzed by each of the bus stations in bus line. The advantage of saved travel time for passenger in a low-floor bus is calculated by time saved boarding or the alighting time.

The advantage of improved passenger convenience using a low-floor bus is calculated using an 'Inconvenience' index by the type of bus passengers is applied to the passenger's value of a low-floor bus. The index's metric is how difficult it was for the passenger to board. The index and the passenger's value of low-floor buses from previous research are applied for calculating the passengers' perception of low-floor bus.

Due to rare errors in smart card data, all bus lines in Seoul could not be used to estimate the advantages and disadvantages of a low-floor bus. Instead, using regression analysis leads to a better estimation. The indexes, the number of boarding passengers per the number of fleets in the bus line and the line's distance(km), the moved distance by a day per the number of fleets and the averaged travel distance of passengers are used for regression. The explanatory variables are the number of boarding passengers per the number of fleets in the bus line and the line's distance. The independent variables are the moved distance during the whole day per the number of fleets and the averaged travel distance of passengers.

The result about estimating the benefits costs is difficult by the analyzed bus line. Among analyzed 12 bus lines, the highest benefit

cost bus line is No.5511. The lowest benefit cost bus line is No.150. According to the result, the longer bus line is, the more expensive operation cost is. Among the positive benefits, the benefit of improved convenience is occupied largely. The occupied ratio of the other positive benefits is smaller than that of the benefit of improved convenience.

The regression results represent the moved distance by a day per the number of fleets is negative about the number of boarding passengers per the number of fleets in the bus line and the line's distance(km). As the moved distance during the whole day per the number of fleets is relative to the bus operation cost, the index result from the regression may be negative. The averaged travel distance of passengers from regression result is negative for some bus lines. The feeder line, where the starting station and last station are in the same zone is more feasible for operating low-floor buses than the other bus line types. The advantages for arterial bus lines is that they are usually smaller than the other bus line types.

As a result, the shorter bus line is, the more efficient the bus line operates, the advantages for using a low-floor bus are feasible. Launching a low-floor bus helps transportation activities for the disabled. So, research about the potential benefits for the disabled is needed. Also, the value of operating a low-floor bus can be researched in detail through analyzing smart card data at another day and surveying passenger perceptions of low-floor buses.

keywords : Low-Floor bus, Economic Benefits, Passenger Value
of Low-Floor bus, Person with Difficult Mobility

Student Number : 2014-24086